

**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

# **Potenziell treibende Kräfte und potenzielle Barrieren für den Ausbau erneuerbarer Energien aus integrativer Sichtweise**

**Endbericht**

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie**

*Wuppertal, Februar 2010*

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick  
Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie  
Postfach 10 04 80, 42004 Wuppertal

Tel. 0202 2492 -121 (-198 Fax)

Email: [manfred.fishedick@wupperinst.org](mailto:manfred.fishedick@wupperinst.org)

## **Projektbearbeiter und -bearbeiterinnen**

Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick (Projektleitung)

Karin Arnold

Sylvia Borbonus

Carmen Dienst

Thomas Hanke

Sarina Keller

Dr. Hans-Jochen Luhmann

Frank Merten

Katja Pietzner

Dr. Nikolaus Supersberger (Co-Projektleitung)

Johannes Venjakob

Christoph Zeiss

Michael Ritthoff

### Unter Mitarbeit von

Oliver Keilhauer

Marlen Brutscheid

Ulrike Meinel

Thomas Targiel

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Politikziele als mögliche Treiber des Ausbaus der Nutzung erneuerbarer Energien</b> .....	<b>12</b>
1.1 <i>Gewährleistung von Energiesicherheit</i> .....	15
1.1.1 Begriffsdefinition Energiesicherheit .....	15
1.1.2 Hypothese und Analyse.....	15
1.1.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	19
1.1.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel .....	20
1.1.5 Zusammenfassung: Identifizierung offener Punkte.....	22
1.2 <i>Regionale Wertschöpfung</i> .....	23
1.2.1 Begriffsdefinition .....	23
1.2.2 Hypothese und Analyse.....	24
1.2.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	30
1.2.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel .....	32
1.2.5 Workshop „Erneuerbare Energien als Motor für regionale Wertschöpfung“ ..	34
1.2.6 Weitere Ergebnisse des Workshops: Ansätze und Kooperationen für ein regionales Ressourcenmanagement .....	38
1.2.7 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	40
1.2.8 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte .....	41
1.3 <i>Geschlechtergerechtigkeit im Süden</i> .....	41
1.3.1 Begriffsdefinition Geschlechtergerechtigkeit.....	41
1.3.2 Hypothesenbildung und Analyse .....	42
1.3.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	47
1.3.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel .....	49
1.3.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte .....	53
1.4 <i>Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung</i> .....	53
1.4.1 Begriffsdefinition .....	53
1.4.2 Hypothese und Analyse.....	54
1.4.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	57
1.4.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel .....	64
1.4.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte .....	66

1.5	<i>Innovationsfähigkeit und Unternehmensgründungen</i> .....	67
1.5.1	Definitionen.....	67
1.5.2	Hypothesen und Analyse.....	68
1.5.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	75
1.5.4	Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel.....	77
1.5.5	Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte.....	80
1.6	<i>Umwelt- und Klimaschutz</i> .....	80
1.6.1	Begriffsdefinition.....	80
1.6.2	Hypothese und Analyse.....	81
1.6.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	82
1.6.4	Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel.....	82
1.7	<i>Erweiterte Sicherheit für Deutschland im globalen Staatengefüge</i> .....	84
1.7.1	Begriffsdefinition Erweiterte Sicherheit (engl. broader security) .....	84
1.7.2	Hypothese und Analyse.....	84
1.7.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	86
1.7.4	Mögliche Synergien und Konkurrenzen anderer Klimaschutzoptionen .....	88
1.7.5	Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte.....	88
1.8	<i>Schaffung von Arbeitsplätzen</i> .....	89
1.8.1	Definitionen.....	89
1.8.2	Hypothese und Analyse.....	90
1.8.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	98
1.8.4	Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel.....	100
1.8.5	Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte.....	103
1.9	<i>Schaffung stabiler industriepolitischer Rahmenbedingungen und Schaffung von Exportmärkten</i> .....	104
1.9.1	Begriffsdefinition.....	104
1.9.2	Hypothese und Analyse.....	105
1.9.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	108
1.9.4	Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel.....	112
1.9.5	Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte.....	115
1.10	<i>Induktion globaler technologischer Impulse</i> .....	117
1.10.1	Begriffsdefinition.....	117
1.10.2	Hypothese und Analyse.....	118

1.10.3	Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien .....	124
1.10.4	Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel .....	127
1.10.5	Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte .....	131
1.11	<i>Zusammenfassung der Politikziele und Ausblick auf weitere Forschungsschritte</i>	132

## **2 Wirtschaftliche, gesellschaftliche und ressourcenseitige Faktoren als treibende Kräfte und Hemmnisse erneuerbarer Energien..... 133**

2.1	<i>Ökonomische Faktoren als dominierende Kräfte bei der Nutzung erneuerbarer Energien.....</i>	134
2.1.1	Festlegung der wichtigsten Faktoren: Expertenbefragung .....	134
2.1.2	Zusammenfassung und Fazit der Ergebnisse der ersten Befragungsrunde..	136
2.1.3	Ergebnisse der zweiten Befragungsrunde .....	139
2.1.4	Kurzfristiges Wegbrechen der internationalen Klimapolitik .....	139
2.1.5	Ökonomische Faktoren – Bedeutung der Finanzkrise.....	141
2.1.6	Bedeutung langfristiger Entwicklungen .....	143
2.1.7	Klimapolitik, Finanzkrise und langfristige Entwicklungen als weniger relevante Faktoren der Nutzung erneuerbarer Energien.....	146
2.2	<i>Die relevantesten Einflussfaktoren: Kurzbeschreibungen .....</i>	147
2.2.1	Langfristige Kosten- und Preisentwicklung im Bereich fossiler und erneuerbarer Energieträger .....	148
2.2.2	Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger .....	150
2.2.3	Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien .....	152
2.2.4	Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei der Nutzung erneuerbarer Energiequellen.....	153
2.2.5	Unfallereignisse (z.B. Kernenergie-Unfall, CCS-Leckage).....	153
2.2.6	Abrupte Schwankungen der Energieträgerpreise.....	155
2.2.7	Massiver Einstieg der Global Player in den Markt für erneuerbare Energien .....	156
2.2.8	Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in den Entwicklungsländern.....	157
2.2.9	Netzstabilität.....	158
2.3	<i>Ökonomische und technologische Faktoren als Faktorenbündel .....</i>	159
2.3.1	Cluster 1 - Ökonomische Faktoren.....	159
2.3.2	Cluster 2 - Technologiespezifische Faktoren .....	160
2.3.3	Weitere Faktoren .....	160
2.4	<i>Bezug der Faktoren und der Faktoren-Cluster zur Umsetzungsmatrix.....</i>	160
2.4.1	Cluster Ökonomische Faktoren .....	160
2.4.2	Cluster Technologiespezifische Faktoren .....	162
2.4.3	Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger und Peak-Tendenzen .....	163

2.4.4	Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien .....	164
2.4.5	Unfallereignisse im Energiesystem.....	165
2.4.6	Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen.....	165
2.5	<i>Bezug der Faktoren und Cluster zu den Politikzielen .....</i>	166
2.5.1	Gewährleistung von Energiesicherheit.....	168
2.5.2	Regionale Wertschöpfung.....	170
2.5.3	Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung.....	172
2.5.4	Geschlechtergerechtigkeit im Süden .....	174
2.5.5	Innovationen und Unternehmensgründungen .....	175
2.5.6	Umwelt- und Klimaschutz.....	177
2.5.7	Erweiterte Sicherheit für Deutschland.....	178
2.5.8	Schaffung von Arbeitsplätzen.....	180
2.5.9	Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und Schaffung von Exportmärkten .....	181
2.5.10	Induktion globaler technologischer Impulse .....	183
2.6	<i>Fazit zum Zusammenhang zwischen Faktoren und Politikzielen, Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien.....</i>	184
<b>3</b>	<b>Vertiefende Faktorenanalyse: Weitere Faktoren .....</b>	<b>186</b>
3.1	<i>Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik.....</i>	186
3.2	<i>Demographische Entwicklung.....</i>	187
3.3	<i>Sozialer Wandel.....</i>	188
3.4	<i>Auswirkungen der Finanzkrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien .....</i>	190
3.4.1	Bedeutung der Finanzierungsmärkte für den Ausbau erneuerbarer Energien ... ..	190
3.4.2	Hintergrund und Verlauf der Finanzkrise.....	191
3.4.3	Auswirkungen der Finanzkrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien.....	192
3.4.4	Eingeschränkte Verfügbarkeit von Kapital.....	192
3.4.5	Markt- und Wettbewerbsumfeld .....	195
3.4.6	Gesamtwirtschaftliches Umfeld.....	197
3.4.7	Einfluss der Konjunkturpakete .....	197
3.4.8	Zusammenfassung und Ausblick.....	198
3.5	<i>Bedeutung von Venture Capital für die Förderung erneuerbarer Energien.....</i>	199
3.5.1	Venture Capital im Private-Equity-Kontext .....	200
3.5.2	Venture Capital-Finanzierung im deutschen erneuerbare Energien-Sektor.	202
3.5.3	Ausblick.....	204
3.6	<i>Veränderung der Nachfragestruktur sowie der Angebots- bzw. Erzeugungspotenziale erneuerbarer Energien durch den Klimawandel.....</i>	205
3.6.1	Perspektiven und operationale Fassbarkeit des Klimawandels (für Deutschland) .....	205
3.6.2	Veränderungen auf der Nachfrageseite .....	206

3.6.3	Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Biomasse .....	214
3.6.4	Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Photovoltaik.....	216
3.6.5	Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Windkraft.....	217
3.7	<i>Kritische Ressourcen</i> .....	219
3.7.1	Eingrenzung des Untersuchungsrahmens .....	219
3.7.2	Definition des Begriffs Kritische Ressourcen .....	220
3.7.3	Wichtige Rohstoffe und Funktionsmaterialien im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien.....	220
3.7.4	Ausgewählte Ressourcen.....	222
3.7.5	Seltene Erden.....	228
3.7.6	Glas- und Glasrohstoffe .....	229
3.7.7	Ressourcen für die Nutzung von Biomasse .....	230
3.7.8	Ressourcen für die Herstellung von Brennstoffzellen .....	231
3.7.9	Seltenerd-Metalle.....	233
3.7.10	Ressourcen für die Herstellung von Sekundärbatterien.....	234
3.7.11	Zusammenfassung .....	236
3.8	<i>Versteckte Emissionen</i> .....	238
3.9	<i>Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen</i> .....	240
3.10	<i>Siedlungsstrukturelle Entwicklung</i> .....	243
3.11	<i>Massives Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen</i> .....	248
<b>4</b>	<b>Erneuerbare Energien und internationale Wahrnehmung</b> .....	<b>251</b>
4.1	<i>Analyse der strategischen Rolle erneuerbarer Energien für den Klimaschutz durch eine Untersuchung aktueller sowie historischer Weltenergieszenarien.</i> .....	251
4.1.1	Bedeutung erneuerbarer Energien .....	252
4.1.2	Bedeutung von Klimaschutzoptionen jenseits der erneuerbaren Energien..	258
4.1.3	Fazit.....	262
4.2	<i>Bedeutung erneuerbarer Energien in IEA-Referenzszenarien von 1998 bis heute.</i>	262
4.3	<i>Analyse und Rolle von REG in der internationalen Diskussion</i> .....	264
4.3.1	Erneuerbare Energien in der internationalen Wahrnehmung .....	264
4.3.2	Auswahl der internationalen Institutionen und Bewertungsraster .....	265
4.3.3	Länder- und Ländergruppen: Europäische Union.....	267
4.3.4	Bi- und multilaterale Kooperationen .....	270
4.3.5	Zwischenstaatliche Organisationen.....	274
4.3.6	Bedeutung internationaler Institutionen für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien .....	285
<b>5</b>	<b>Zielgruppenspezifische Perzeption erneuerbarer Energien</b> .....	<b>286</b>
5.1	<i>Die Perzeption erneuerbarer Energien</i> .....	288
5.1.1	Zielgruppenidentifizierung von erneuerbaren Energien .....	289
5.2	<i>Einflussfaktoren der Akzeptanzbildung hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien sowie konkurrierender Optionen (z. B. Kernenergie)</i> .....	294
5.3	<i>Entwicklung gruppenspezifischer Informationsansätze</i> .....	297

5.3.1	Darstellung des Themas erneuerbare Energien in Informationsbroschüren	298
5.3.2	Akteursbefragung zur Darstellung von erneuerbaren Energien in Deutschland (aus der Sicht relevanter Journalisten)	304
5.3.3	Optionen zur Berichterstattung für die lang- und kurzfristige Entwicklung erneuerbarer Energien	309
<b>6</b>	<b>Erstellen einer verbreitungsfähige Broschüre für ausgewählte Zielgruppen...</b>	<b>311</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>312</b>
<b>Anhang</b>		<b>329</b>

## Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1-1. Überblick über die betrachteten erneuerbaren Energien, differenziert nach aktueller heimischer Bereitstellung bzw. Nutzung sowie aktueller Bedeutung von Import und Export</i>	13
<i>Tab. 1-2. Verbrauch an Primärenergieträgern in Deutschland, Eigenproduktion und Importmengen, 2004. BMWi 2005</i>	16
<i>Tab. 1-3. Bezugsländer der deutschen Erdölversorgung 2004. BMWi 2005</i>	17
<i>Tab. 1-4. Wertschöpfungsfelder durch Windkraft</i>	27
<i>Tab. 1-5. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen</i>	37
<i>Tab. 1-6. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen</i>	38
<i>Tab. 1-7. Beispiele für Energiebedürfnisse von Frauen</i>	43
<i>Tab. 1-8. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen</i>	56
<i>Tab. 1-9. Abschätzung von Marktlebenszyklusphase und damit verbundenem Gründungsgeschehen für die REG-Sparten</i>	70
<i>Tab. 1-10. Qualifikationsstrukturen im Bereich erneuerbare Energien</i>	96
<i>Tab. 1-11. Übersicht über Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich erneuerbare Energien</i>	97
<i>Tab. 2-1. Alphabetische Übersicht Impulse und Entwicklungen</i>	134
<i>Tab. 2-2. Rangliste der Faktoren, die die Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energien beeinflussen (richtungsungebunden)</i>	136
<i>Tab. 2-3. Qualitative Abschätzung von Freisetzungsmechanismen, ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und die potenzielle Menge bei der Abtrennung und Speicherung von CO<sub>2</sub></i>	154
<i>Tab. 2-4. Wirkungsrichtung von Faktoren (1. Spalte) auf die Erreichung von Politikzielen</i>	167
<i>Tab. 3-1. Der Einfluss der klimatischen Faktoren auf den Energieverbrauch</i>	199
<i>Tab. 3-2. Der Einfluss der klimatischen Faktoren auf den Energieverbrauch</i>	210
<i>Tab. 3-3. Die technischen Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch</i>	213
<i>Tab. 3-4. Der Einfluss der Verhaltensfaktoren auf den Energieverbrauch</i>	214

<i>Tab. 3-5. Übersicht: Kritische Ressourcen für erneuerbare Energien</i> .....	237
<i>Tab. 3-6. Städtebauliche Faktoren und Einsparpotenziale</i> .....	246
<i>Tab. 3-7. Gebädefaktoren</i> .....	248
<i>Tab. 4-1. Verteilung der GEF-Ressourcen auf die Klimaschutzaktivitäten für die Periode 1991 – 2007 (in Millionen US-\$)</i> .....	277
<i>Tab. 4-2. Kreditvergabe der Weltbank im Energiebereich nach Sektoren (Bilanzjahre 2003 – 2008), in Millionen USD</i> .....	280
<i>Tab. 4-3. Kreditvergabe der Asiatischen Entwicklungsbank im Energiesektor nach Kategorien zwischen 1997 und 2005 (in Millionen USD)</i> .....	281
<i>Tab. 5-1. Zielgruppen erneuerbarer Energien</i> .....	289
<i>Tab. 5-2. Berichterstattung zu REG-Themen</i> .....	309

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1-1. Exemplarische Darstellung der Wertschöpfungsstufen einiger Biomassenutzungspfade. WI/ FZJ 2006</i> .....	26
<i>Abb. 1-2. Entwicklung der mittleren Anlagengröße von 1997 bis 2008</i> .....	73
<i>Abb. 1-3. Globale Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung von Energieträgern und anderen Quellen. Eigene Darstellung</i> .....	81
<i>Abb. 1-4. Entwicklung der Beschäftigung in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen (1999-2007).</i> .....	91
<i>Abb. 1-5. Arbeitsplatzentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland (1998-2006).</i> .....	93
<i>Abb. 1-6. Entwicklung von Exportumsatz und Exportquote im Bereich Windenergie. DGS 2008</i> .....	94
<i>Abb. 1-7. Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Eigene Darstellung nach BMU 2008</i> .....	106
<i>Abb. 1-8. Anteil am Neubau der installierten Leistung der zehn größten Windkraftanlagenhersteller 2005. BWE 2007</i> .....	119
<i>Abb. 2-1. Entwicklung der Stromgestehungskosten für verschiedene Erzeugungsoptionen unter Berücksichtigung von CCS. BMU 2007</i> .....	149
<i>Abb. 3-1. Schematische Darstellung des Private-Equity-Marktes. BVK 2008, eigene Darstellung</i> .....	200
<i>Abb. 3-2. Verteilung der Private-Equity-Investitionen in Deutschland in 2008 nach Investitionsphasen. BVK 2009a</i> .....	201
<i>Abb. 3-3. Durchschnittliches Investitionsvolumen 2008 (in Mio. EUR). BVK 2009a</i> .....	201
<i>Abb. 3-4. Anteil Cleantech an Venture Capital-Investitionen in Deutschland. BVK 2009a, 2009b</i> .....	203
<i>Abb. 3-5. Erneuerbare Energie-Unternehmen mit Private-Equity-Beteiligung zum Zeitpunkt ihres Börsengangs (Deutschland, 1999-2009). Eigene Recherche, Unternehmensangaben</i> ....	204

<i>Abb. 3-6. Beispiel eines Primär-, End- und Nutzenergieflussbildes für die alten Bundesländer. FhG-ISI 2001.....</i>	<i>207</i>
<i>Abb. 3-8. Behaglichkeitsindikator mit Randbereichen, Einfluss von Oberflächen- und Lufttemperatur (Beispiel anhand einer Wandkonstruktion und eines Fensters mit Doppelverglasung). Wuppertal Institut 1995.....</i>	<i>209</i>
<i>Abb. 3-9. Wärmebilanz eines Mehrfamilienhauses vor und nach einer wärmetechnischen Sanierung (beheizte Wohnfläche 600 m<sup>2</sup>; mittlerer Luftwechsel 1,0 LW/h zu 0,6 LW/h). Eigene Darstellung.....</i>	<i>212</i>
<i>Abb. 3-10. Entwicklung der globalen Produktionsmengen von Kupfer. Die Daten umfassen die primäre und sekundäre Produktion. USGS 2009.....</i>	<i>224</i>
<i>Abb. 3-11. Preisentwicklung bei Kupfer. Goldman Sachs 2009.....</i>	<i>225</i>
<i>Abb. 3-12. Entwicklung der globalen Produktionsmengen von Zirkonium. USGS.....</i>	<i>232</i>
<i>Abb. 5-1. Von der Perzeption zur Akzeptanz. Quelle: eigene Darstellung.....</i>	<i>288</i>

## Treibende Kräfte erneuerbarer Energien – Hinführung

Die Entwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten erneuerbarer Energien sind vor dem Hintergrund der Herausforderungen für das Energiesystem und die Energiepolitik insgesamt zu sehen. Gegenläufige Ziele und Bewegungen bestimmen dabei die gegenwärtige und absehbare Lage der Energieversorgung. Klimaschutz beispielsweise verlangt nach einer deutlichen Reduzierung des Verbrauchs fossiler Energien bis zum Jahr 2050, während aktuelle Prognosen eine Verdopplung des Verbrauchs im gleichen Zeitraum vorhersagen (vgl. IEA World Energy Outlook 2006). Der Ölverbrauch wächst, aber die Produktion könnte schon bald ihr Maximum erreicht haben, nicht nur aufgrund der physischen Endlichkeit der Vorkommen, sondern auch weil das traditionelle ökonomische Prinzip, dass steigende Preise erhöhte Aufwendungen für Exploration und Technologieentwicklung nach sich ziehen und damit zwangsläufig zu Produktionsausweitungen führen, zunehmend an seine Grenzen stößt. Kohle-, Öl- und Gasindustrien sind etablierte Industriezweige. Lernkurven und Kostendegressionseffekte sind in solchen Sektoren deutlich weniger ausgeprägt als in neuen aufstrebenden Industriezweigen und nähern sich im Zeitverlauf zwangsläufig einer Sättigungsgrenze, wenn nicht deutliche Technologiesprünge auftreten. Die Folge für das potenzielle Auseinanderlaufen von Nachfrage und Produktion sind zunächst rapide steigende Preise, zumindest solange nicht über Einsparerfolge und das erfolgreiche Etablieren von Substituten (deren Entwicklungs- und Markteintrittsgeschwindigkeiten begrenzt sind) eine Entspannung (auf dann höherem Preisniveau) herbeigeführt werden kann. Aufgrund der Kosten- und Knappheitstendenzen haben sich die Konflikte um Energie verschärft. Dies betrifft nicht nur Konflikte um den Zugang zu Energien, sondern auch deren Nutzung und die damit verbundenen Risiken (z.B. Proliferationsrisiko der Atomenergie).

Für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien leiten sich entlang der beschriebenen Situation vielfältige Argumente ab. Trotzdem wird heute im Wesentlichen immer noch als Motivation in erster Linie auf den Aspekt Klimaschutz (mit Blickrichtung EEG wird zudem die Industriepolitik als maßgeblicher Hintergrund genannt) verwiesen. Die resultierenden Benefits der Nutzung erneuerbarer Energien erstrecken sich jedoch auf eine viel größere Breite (Auswahl):

- Beitrag erneuerbarer Energien zur Energiesicherheit
- Zusammenhang zwischen erneuerbaren Energien und innerer sowie äußerer Sicherheit
- Stabilisierender Einfluss auf Systemverletzlichkeit
- Mögliche Bedeutung erneuerbarer Energien für die deutsche Wirtschaft (Innovationsfähigkeit, Exportchancen, Unternehmensansiedlung u. a.)
- Aspekte von Entwicklung in Nicht-Industrieländern und der mögliche Beitrag deutscher Politik und deutscher Technologien bzw. Technologieentwicklung für die Armutsbekämpfung

Für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energie im Verbund mit einer Verbesserung der Energieeffizienz liegen also vielfältige Gründe vor. Deutschland und Europa reagieren bereits auf den steigenden Druck: In Deutschland zielt die Nachhaltigkeitsstrategie

der Bundesregierung auf eine Verdopplung der Energie- und Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1990 bzw. 1994; langfristig wird eine Halbierung des Energie- und Rohstoffeinsatzes bei Verdoppelung des Wohlstandes angestrebt (Faktor-4-Vision). Konkrete Ausbauziele für die Nutzung erneuerbarer Energien sind formuliert und Konzepte für die Umsetzung engagierter Klimaschutzziele (CO<sub>2</sub>-Minderung um 80 % bis zum Jahr 2050) entwickelt worden. Sie zeigen, dass engagierter Klimaschutz in Deutschland eine zwar sehr anspruchsvolle, aber machbare Aufgabe darstellt, wobei erneuerbaren Energien hierbei eine Schlüsselrolle zukommt. Auch auf europäischer Ebene liegen mit den Beschlüssen des Frühjahrsgipfels 2007 engagierte Zielvorgaben für den Klimaschutz und den Ausbau erneuerbarer Energien fest (20 Prozent erneuerbare Energien im Jahr 2020 bezogen auf den Primärenergieverbrauch)

Mit den steigenden Anforderungen und wachsenden Erwartungen an erneuerbare Energien gewinnen robuste Strategien und Maßnahmen, die möglichst richtungssicher positive Beiträge für die genannten Herausforderungen leisten, an Bedeutung.

An diesen Punkten setzt die Aufgabenstellung des Projektes an. Von zentraler Bedeutung ist die Schaffung einer systematischen Aufbereitung und Übersicht über die verschiedenen Wirkungsebenen erneuerbarer Energien und deren Verschränkungen. Diese Wirkungsebenen sind:

- Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund des Spektrums unterschiedlicher Politikziele.
- Einzelfaktoren außerhalb von Politikzielen, die jedoch auf die Ausgestaltung von Politikzielen Einfluss nehmen können.
- Bezugsebenen zwischen Politikzielen und Einzelfaktoren.

Der zentrale Arbeitsansatz im vorliegenden Forschungsprojekt ist die multikriterielle Analyse, die den Untersuchungsgegenstand in seiner Komplexität aufgreift und durch ein definiertes Set an Kriterien diese Komplexität in handhabbare Einzelbereiche teilt. Dadurch wird eine Bearbeitung möglich. Ein wichtiger Arbeitsschritt ist in diesem Prozess die Analyse der Beziehungen zwischen verschiedenen Einzelbereichen. Im Technologiebereich wird auch der Begriff integrative technological assessment verwendet. Dieser Ansatz stellt eine komplementäre Herangehensweise zur Detailanalyse kleiner Einzelbereiche dar.

Diese multikriterielle Analyse bzw. ihre Ergebnisse bilden die breite wissenschaftliche Grundlage als Basis einer umfassenden vergleichenden Gesamtbewertung von Teilaspekten. Diese umfassende Gesamtbewertung und das hierfür erst zu schaffende Bewertungssystem sind jedoch nicht Teil des Projekts.

Die Sammlung der Einzelfaktoren verlief in einem aufwändigen Verfahren unter Einbindung externer Experten. Im Verlauf dieses Verfahrens wurden zwei unterschiedliche Kategorien an Faktoren festgelegt: einerseits die von den Experten favorisierten Faktoren, andererseits zusätzliche Faktoren, von denen zahlreiche bisher überhaupt nicht in der energiepolitischen Diskussion thematisiert wurden.

Der Bogen von Politikzielen und Einflussfaktoren wird von ökologischen über ökonomische bis hin zu sicherheitsrelevanten Aspekten gespannt, um aus unterschiedlichen

Perspektiven eine Übersicht zu erhalten. Diese Gesamtschau ist damit die erste strukturell aufbereitete Übersicht zum Thema, denn bisher fehlt weitgehend (jenseits der Unterlagen, die für die Vorbereitung der int. Konferenz renewables2004 zusammengetragen wurden) eine solche systematische Aufbereitung der sich daraus potenziell ergebenden treibenden Kräfte für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien und ihrer Wirkungstiefe.

Ein weiterer neuer Ansatz ist der geographische Analyseschwerpunkt, der auf Deutschland liegt. Deutschland ist hier zu verstehen als großes Industrieland, das stark auf Energieimporte und Warenexporte angewiesen ist. Zugleich wird jedoch auch die Situation auf der Ebene internationaler Akteure dargestellt und analysiert. Dies ist von Bedeutung, da gerade ein Land wie Deutschland sehr stark in die internationale Staatengemeinschaft eingebettet ist. Dieser Ansatz unterstützt die weitere Schaffung von Akzeptanz für Fördermaßnahmen erneuerbarer Energien.

Die Analyse von Informationsmaterialien und der zielgruppenspezifischen Perception erneuerbarer Energien dient erstens der Schaffung von Wissen über generelle Abläufe von Wahrnehmung und über die aktuelle Situation im Bereich der deutschen Informationslandschaft bzgl. erneuerbarer Energien. Zweitens ist diese Analyse als argumentative Vorbereitung einer eigenen Broschüre zu einem relevanten Thema zu betrachten. Es wurde hierbei weit über die ursprüngliche Aufgabenstellung hinausgegangen: während zu Beginn lediglich die Konzepterstellung vorgegeben war, wurde in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine komplette Broschüre entwickelt und bereits im Sommer 2009 veröffentlicht (erhältlich auf der Homepage des BMU).

## Zusammenfassung

Für den Ausbau erneuerbarer Energien im Projektbericht abgekürzt mit (REG) sprechen vielfältige Argumente. Trotzdem wird heute im Wesentlichen immer noch als Motivation in erster Linie auf den Aspekt Klimaschutz (mit Blickrichtung EEG wird zudem die Industriepolitik als maßgeblicher Hintergrund genannt) verwiesen. Die positiven Effekte der Nutzung erneuerbarer Energien erstrecken sich jedoch auf eine viel größere Breite. Die Wirkungszszenarien zu analysieren, ist die Hauptaufgabe des Projekts *Potenziell treibende Kräfte und potenzielle Barrieren für den Ausbau erneuerbarer Energien aus integrativer Sichtweise*. Hierfür ist die systematische Aufbereitung und Übersicht über die verschiedenen Wirkungsebenen erneuerbarer Energien und deren Verschränkungen untersuchungsleitend. Untersucht wurden:

- Erneuerbare Energien vor dem Hintergrund des Spektrums unterschiedlicher Politikziele.
- Einzelfaktoren außerhalb von Politikzielen, die jedoch auf die Ausgestaltung von Politikzielen Einfluss nehmen können.
- Erneuerbare Energien im Kontext eines integrative technology assessment

Die multikriterielle Analyse (engl. integrative technology assessment) bildete für das abgeschlossene Projekt das zentrale Instrument zur Strukturierung des Forschungsgegenstands *Treibende Kräfte und potentielle Hemmnisse der Nutzung erneuerbarer Energien*. Die Analyse der Politikziele fügt sich in diese Struktur ein. Während in zahlreichen Forschungsprojekten detaillierte Fragen untersucht wurden und werden, wurde im vorliegenden Projekt damit der Blick auf die Gesamtheit des Forschungsgegenstands gerichtet, um eine Gesamtsichtweise zu erhalten.

### **Erbeuerbare Energien vor dem Hintergrund des Spektrums unterschiedlicher Politikziele**

Zahlreiche Ziele von Politik haben einen direkten Bezug zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Bezüge finden sich bisher jedoch – trotz teilweise intensiver Thematisierung durch Medien, Wissenschaft und andere Akteure – oft nicht in den entsprechenden Politikansätzen umgesetzt. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

**Gewährleistung von Energiesicherheit.** Aufgrund der Endlichkeit fossiler Energieträger kann Energiesicherheit per se langfristig nicht durch fossile Energieträger aufrechterhalten werden. Diese Tatsache findet sich zwar in zahlreichen Politiken in der allgemeinen Diskussion der gegenwärtigen und zukünftigen Lage wider, wird in Politiken und Politikinstrumenten selbst jedoch eher selten mit Blick auf die ernerbaren Energien in konkrete Maßnahmen umgesetzt. Dies mag dem Umstand geschuldet sein, dass bisher kein Instrumentarium entwickelt wurde, um Energiesicherheit konkret fassbar und operationalisierbar zu machen. Insofern sollte für die Integration des Konzepts Energiesicherheit in REG-Politiken sowie umgekehrt die Bedeutung von REG für die Gewährleistung von Energiesicherheit in erster Linie eine entsprechende Operationali-

sierbarkeit von Energiesicherheit geschaffen werden. Zukünftige Rahmenbedingungen zur Förderung erneuerbarer Energien könnten bestimmte Risiken der Energiesicherheit gezielt adressieren.

**Geschlechtergerechtigkeit im Süden.** Positive Wirkungen auf die Chancengleichheit der Geschlechter durch die Nutzung erneuerbarer Energien werden vor allem dann erzielt, wenn Gender-Aspekte bzw. Genderanalysen systematisch in Programme, Projekte und Instrumente zur REG-Förderung einbezogen werden und Genderpolitik als Querschnittsaufgabe verstanden wird (sogenanntes Gender-Mainstreaming). Bisher mangelt es jedoch an der transparenten Übersetzung der Debatte in konkrete Instrumente und Programme.

**Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung.** Im Kontext der internationalen Entwicklungszusammenarbeit werden die großen Potenziale und Chancen des Einsatzes erneuerbarer Energien für die Armutsreduktion gesehen und deren Implementierung auch über diverse Programme und auf verschiedenen Akteursebenen gefördert aber die Förderung über einzelne multi- oder bilaterale Entwicklungsprogramme reicht nicht aus, um die mannigfaltigen Barrieren zu überwinden, welche die schnelle und breit angelegte Implementierung von REG behindern. Trotz der gewonnenen Erfahrungen, dass die Lebensbedingungen armer Bevölkerungsschichten durch den Zugang zu moderner und nachhaltiger Energie verbessert werden können, werden die hohen Synergieeffekte noch nicht auf allen Ebenen der Politik und in den Finanzinstitutionen wahrgenommen. Daher ist eine Verbesserung der Bedingungen auf einer Vielzahl von Handlungsfeldern notwendig, um die Armutsbekämpfung durch den Einsatz erneuerbarer Energien weiter zu unterstützen.

**Innovationsfähigkeit und Unternehmensgründungen.** Innovationen und Gründungen sind für die REG-Industrie bisher nicht systematisch erfasst, untersucht oder dargestellt worden. Das Themenfeld stellt somit eine erhebliche Forschungslücke im REG-Bereich dar. Derzeit sind keine konkreten politischen Ziele für den Beitrag von REG bezogen auf Innovationen oder Gründungen formuliert worden. Die bestehenden Zielsetzungen zu **Innovationen** sind stattdessen eher von allgemeiner bzw. qualitativer Natur oder aber übergeordnet und nicht REG-spezifisch. **Gründungen** spielen bei den Zielsetzungen für REG bisher explizit keine maßgebliche Rolle.

**Erweiterte Sicherheit für Deutschland im globalen Staatengefüge.** In der politischen Debatte steht die Analyse, ob und in welcher Weise Vernetzungspunkte zwischen sicherheitspolitischen und energiepolitischen Zielen bestehen, noch am Anfang. Das präventive Potential erneuerbarer Energien als eine mögliche friedenspolitische bzw. stabilisierende Option weiter zu etablieren, ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

**Schaffung von Arbeitsplätzen.** In den aktuell relevanten REG-Förderinstrumenten sind weder direkte arbeitsmarktpolitische Ziele noch entsprechende Instrumente vorhanden. Aufgrund der engen und positiven Kopplung von Marktwachstum und Beschäftigung erscheint es jedoch auch nicht erforderlich, arbeitsmarktpolitische Zielset-

zungen und Instrumente in die Instrumente zum REG-Ausbau zu integrieren. Erfolgreiche Instrumente zur Förderung von Marktwachstum, Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit im REG-Bereich werden in der Regel zugleich auch effektive Beschäftigungsinstrumente sein. Arbeitsmarktpolitik sollte in diesem Sinne eine flankierende Rolle übernehmen.

**Schaffung stabiler industriepolitischer Rahmenbedingungen und Schaffung von Exportmärkten.** Der durch das EEG erreichte Standortvorteil für deutsche Unternehmen lässt bei nachgebendem Binnenmarktpotenzial nach. Damit sinkt auch die positive indirekte Wirkung auf die Ausschöpfung von Industrie- und Exportpotenzialen. Die maßgebliche Konzentration von Fördermitteln auf den Binnenmarkt wird zukünftig vermutlich gerade bei eingeführten Technologien wie der Photovoltaik und der Windindustrie geringere industriepolitische Effekte zeigen als bisher. Grundsätzlich sind Forschungsfragen zur Zukunftsfähigkeit von Exportstrategien der deutschen Industrie, zur Unabhängigkeit deutscher Industriepotenziale von nationaler Förderpolitik und zum Erfolg bisheriger Exportförderungsmaßnahmen weitgehend unbeantwortet. Allgemein herrschen bei der Datenerfassung für Statistiken zum Export bzw. Außenhandel Defizite. Eine solche Erfassung ist jedoch notwendig, um wirtschaftlichen Erfolg zu quantifizieren. Ebenso ist die Methodik der statistischen Erfassung unzureichend für die Überprüfung der wirtschaftlichen Lage der REG-Industrie. Insgesamt wird hier die Problematik deutlich, dass viele Unternehmen und ihre Produkte in der Wertschöpfungskette erneuerbarer Energien durch den „multiple usage“-Charakter der Produkte statistisch nicht oder nur schwer erfassbar sind.

**Induktion globaler technologischer Impulse.** Handlungsbedarf besteht hinsichtlich einer noch stärker systemintegrativen Sichtweise von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien und Folgetechnologien. Eine Verzahnung von Entwicklungszusammenarbeit und möglichem positivem Feedback für deutsche Unternehmen ist bisher nicht strukturell umgesetzt. Die indirekte Exportförderung im Sinne des Transfers des Wissens von Produkten, wie sie z. B. über die Exportinitiative der Dena erfolgt, könnte in engerer Abstimmung mit dem BMZ auch zu einem Transfer von Technologien führen. Ein solcher internationaler Ansatz würde den Blick über die ausschließlich nationale Wirtschaftsförderung hinaus richten.

### **Einzelfaktoren und ihre Wirkung auf erneuerbare Energien**

Für die Untersuchung von Einzelfaktoren und deren Wirkung auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wurden zahlreiche Experten mit einem standardisierten Fragebogen befragt. Dieser Bogen listete 30 einzelne Faktoren teils stark unterschiedlicher Natur (bezüglich Zeitkritikalität, Wirkungsumfang etc.) auf. Eine Rangliste wurde nach den Befragungsergebnissen erstellt; eine Detailuntersuchung der Faktoren folgte.

Zwei Ergebnisfelder sind hier besonders hervorzuheben:

1. Die hohe Relevanz ökonomischer Faktoren für den Ausbau regenerativer Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Finanz- und Wirtschaftskrise

2. Die geringe Relevanz einiger langfristigen Dynamiken (Demographie, Siedlungsstrukturen) für den Ausbau erneuerbarer Energien.

Es zeichnet sich die klare Tendenz ab, dass Faktoren, die in einen **ökonomischen Kontext** einzuordnen sind, eine besondere Bedeutung zukommt. Sechs der 10 wichtigsten Faktoren der Expertenbefragung entstammen diesem Bereich. Hierbei wird **langfristigen Entwicklungen** eine deutlich höhere Bedeutung beigemessen als kurzfristigen Preisschwankungen.

Den Faktoren mit ökonomischem Bezug wird zudem eine **stark förderliche Wirkung auf den Ausbau erneuerbarer Energien** zugesprochen. Das bedeutet, dass mit diesen Faktoren eine lang andauernde positive Wirkung, eine Beschleunigung der Ausbaugeschwindigkeit, eine Erhöhung des technisch-ökonomischen Potenzials, eine Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen und eine Verbreiterung des Ausbaumix' assoziiert werden.

Anderen Faktoren mit langfristigem Wirkungshorizont wird ein deutlich geringeres Gewicht beigemessen, so z. B. der Veränderung der Energienachfrage (Platz 12), dem Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst (Platz 18), der siedlungsstrukturellen Entwicklung (Platz 27), dem sozialen Wandel (Platz 29) und der demographischen Entwicklung (Platz 30). Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, ob die genannten Aspekte tatsächlich von derart geringer Bedeutung sind oder ob es sich hierbei um ein Problem der Sichtbarkeit der Aspekte handelt.

Jahresaktuelle Entwicklungen wie die Finanzkrise und die erneute starke Diskussion des sich verstärkenden Klimawandels wurden vertieft untersucht, um über deren mögliche Auswirkungen auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien Klarheit zu erhalten. Desgleichen wurden (obwohl von den befragten Experten als derzeit wenig relevant erachtet) langfristige Entwicklungen untersucht und in ihrer Wirkung auf erneuerbare Energien analysiert, z.B. begrenzte Verfügbarkeit von Ressourcen.

**Klimapolitik.** Eine Prioritätenverschiebung von gemeinsamen Zielen auf globaler Ebene, in deren Folge die Klimapolitik gegenüber anderen Politiken an Bedeutung verliert, ist möglich. Für den Ausbau erneuerbarer Energien ist die internationale Klimapolitik jedoch nicht mehr von entscheidender Bedeutung. Andere Dynamiken (Importabhängigkeit, Versorgungssicherheit, regionale Wertschöpfungen, Energieträgerpreise) haben hier einen größeren Einfluss.

**Finanz- und Wirtschaftskrise.** Für den langfristigen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien ergibt sich aus der globalen Finanzkrise keine richtungsverändernde Wirkung. Möglicherweise werden aufgrund einer restriktiveren Kreditvergabe größere Projekte und Investitionen jedoch zurückgestellt. Es ist außerdem möglich, dass kleinere Unternehmen von der Finanz- und Wirtschaftskrise stärker betroffen sind, da sie Schwierigkeiten bei der Kreditvergabe bekommen und aufgrund von Risikoabwägungen vorsichtiger agieren könnten. Denkbar ist ebenso, dass kleine und große Unternehmen gleichermaßen betroffen sind, da der Anteil des Eigenkapitals bei Investitio-

nen in beiden Gruppen gleich hoch ist. Auch große Unternehmen sind daher nicht unabhängig von den Kreditbedingungen.

**Langfristige Dynamiken**, wie der demographische und soziale Wandel oder die Veränderung der Siedlungsstrukturen wirken sich auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus. Die Wirkungsrichtung ist jedoch unklar. Der soziale Wandel in Form der fortschreitenden Verarmung weiterer Bevölkerungsschichten beeinflusst nicht grundsätzlich den Ausbau erneuerbarer Energien. Eingeschränkte finanzielle Handlungsspielräume führen jedoch tendenziell dazu, dass die Flexibilität der Energieverbraucher sinkt und damit die Anwendungsbreite.

**Kritische Ressourcen.** Besonders in der Photovoltaik gibt es eine Reihe von Stoffen, die aus technischer Sicht vielversprechende Alternativen oder Ergänzungen zu Silizium als Ausgangsprodukt darstellen, aber nur begrenzt verfügbar sind: Der mögliche Bedarf an Gallium, insbesondere aber an Germanium und Indium, wird bei einer intensiven Nutzung dieser Stoffe in der Photovoltaik kaum zu decken sein. Erschwerend kommt bei einigen Elementen hinzu, dass für ihre Herstellung Technologien benötigt werden, die in einem nachhaltigen Energiesystem langfristig keinen Platz mehr haben. Das gilt insbesondere für Germanium. Germanium kann auch in relevanten Mengen aus Flugaschen von Kohlekraftwerken gewonnen werden, also gerade aus einer der Technologien, die mit dem Einsatz der Photovoltaik ersetzt werden sollen. Schließlich kommen in einigen Technologien toxische Stoffe zur Anwendung.

### **Zusammenhang zwischen Einflussfaktoren und Politikzielen und deren Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien**

Die Diskussion über die Erreichung von maßgeblichen Politikzielen durch erneuerbare Energien sollte die sich verändernden Rahmenbedingungen stärker einbeziehen. In der hier vorliegenden Untersuchung ist dies über die Wirkungsanalyse wesentlicher dynamischer Einflussfaktoren dargelegt worden. Zahlreiche Wirkungen dieser wichtigsten Faktoren auf die Politikziele sind bisher nicht bekannt, ebenso die damit verbundenen Rückkopplungen auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Gerade diese Beziehungsgeflechte sind aber von Belang für eine verbesserte Förderung aus gesamtheitlicher Perspektive. In vielen Bereichen besteht dahingehend erheblicher Forschungsbedarf.

So bestehen relevante Wirkungszusammenhänge zwischen der Preis- und Kostenentwicklung fossiler Energieträger und von REG-Technologien einerseits und der Gewährleistung von Energiesicherheit andererseits. Prinzipiell können hohe Ölpreise die Energiesicherheit (gerade in Entwicklungsländern) reduzieren; da aber hohe Ölpreise zu einem Entwicklungsschub bei REG-Technologien führen, könnten in einem Regime hoher Energiepreise erneuerbare Energien die Energiesicherheit wiederum steigern. Solche Zusammenhänge sind prinzipiell bekannt, aufgrund der komplexen Strukturen internationaler Energiemärkte aber noch ungenügend mit dem Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien (als heimische sowie importierbare Energieträger) in Verbindung gebracht.

Regionale Wertschöpfung im Energiebereich rückte in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus politischer Entscheidungsträger. Ungeklärt ist jedoch die Beeinflussung der regionalen Wertschöpfung durch die Entwicklung von Technologiekosten (über den Lernkurvenansatz), da hier Effekte in unterschiedliche Richtungen wirken können, deren Größenordnungen bisher nicht bekannt sind. Hierzu besteht erheblicher Forschungsbedarf. Dieser Forschungsbedarf erstreckt sich auf sämtliche Phasen von Lernkurven und deren Wirkung auf die analysierten Politikziele. Das Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen ist hier besonders hervorzuheben, da sich die Weiterentwicklung von REG-Technologien perspektivisch auch negativ auf den heimischen Arbeitsmarkt niederschlagen könnte, zumindest dann, wenn Kostendegressionseffekte vor allem dadurch ausgeschöpft werden, indem in anderen Ländern (was z. B. im Bereich der Photovoltaik derzeit in China) Massenproduktionen aufgebaut werden. Ebenso sind die Wirkungszusammenhänge zwischen Unfällen in Kernkraftwerken oder entlang von CCS-Strukturen und der Schaffung von Arbeitsplätzen nicht bekannt.

Die Zusammenhänge zwischen Klimaschutz und der Entwicklung langfristiger Preise und Kosten von Energieträgern und Technologien sind bisher ebenfalls wissenschaftlich nicht ausreichend geklärt. So besteht hinsichtlich der Substitution von Energieträgern bei der Veränderung von Preisen erheblicher Forschungsbedarf. Dies ist für den Klimaschutz relevant, da bisher kein sicheres Wissen darüber besteht, ob hohe Öl- und Erdgaspreise letztlich die Nutzung von emissionsintensiveren Alternativen wie Kohle, Teersande oder Ölschiefer begünstigt oder aber den Einsatz erneuerbarer Energien. Angesprochen ist hier die grundlegende Frage, ob hohe Erdöl- und Erdgaspreise den Klimaschutz eher hemmen oder ihn befördern.

### **Entwicklung der Rolle erneuerbarer Energien in Energieszenarien internationaler Akteure**

Um die Rolle erneuerbarer Energien im Zusammenhang langfristiger Szenario-Betrachtungen zu beleuchten, wurden verschiedene globale Klimaschutzszenarien untersucht. Trotz deutlicher Unterschiede in den drei betrachteten Szenarien finden sich einige Entwicklungen des globalen Energiesystems in allen Szenarien wieder. Die Vermutung liegt daher nahe, diese übereinstimmenden Entwicklungen als Voraussetzungen für das Erreichen ambitionierter Klimaschutzziele zu betrachten. Hierzu zählt insbesondere ein deutlich verstärkter Einsatz von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Technologien müssen daher in allen Regionen der Welt ausgebaut werden. Neben einem weiteren Ausbau der Wasserkraft und einer vermehrten energetischen Nutzung von Biomasse muss insbesondere der Beitrag der Windkraft in den kommenden Jahrzehnten stark erhöht werden. Die Solarenergie muss spätestens bis zur Mitte des Jahrhunderts eine bedeutende Rolle im globalen Energiemix spielen. An einem Ausbau von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien führt offenbar kein Weg vorbei, auch wenn es innerhalb der Studien unterschiedliche Einschätzungen bezüglich der nachhaltig und wirtschaftlich nutzbaren Potenziale einzelner erneuerbarer Energieträger gibt, die Richtungssicherheit scheint gegeben.

Des Weiteren wird in allen drei Szenarien deutlich, dass aber ein sehr starker Ausbau der erneuerbaren Energien alleine noch keine hinreichende Bedingung für das Einhalten ambitionierter Klimaschutzziele im Energiesystem darstellt. In jedem Fall scheint es zusätzlich notwendig, die globale Energienachfrage gegenüber ihrer „Business-as-usual“-Entwicklung deutlich zu reduzieren. In den drei untersuchten Szenarien geschieht dies über eine anhaltende, signifikante Erhöhung der Energieeffizienz. Unterschiedliche Perspektiven wurden für CCS und Kern-Energie, in den vorliegenden Szenarien aufgezeigt. Eine historisch ausgerichtete Analyse von Energieszenarien zeigt, dass die den erneuerbaren Energien zugewiesene Rolle im Zeitverlauf deutlich angestiegen ist.

### **Bedeutung internationaler Institutionen für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien**

Bei zahlreichen internationalen Institutionen und zwischenstaatlichen Kooperationen hat sich die Wahrnehmung erneuerbarer Energien deutlich in Richtung einer positiveren Wahrnehmung verändert. Insbesondere bei der EU kann die positive Wahrnehmung von REG durch den gezielten Einsatz von Förderinstrumenten belegt werden. Erneuerbaren Energien wird eine bedeutende Rolle für Klimaschutz und Versorgungssicherheit beigemessen. Der Ausbau der Nutzung von REG wird deutlich vorangetrieben. REG werden zwar auch bei der Asiatisch-Pazifischen-Partnerschaft und der G8 nicht negativ wahrgenommen, doch ihre Bedeutung wird als nicht wichtiger als die fossiler Alternativen angesehen.

Bei REN21 ist nicht nur die Wahrnehmung von REG positiv. Die Institution widmet sich auch konkret einer stärkeren Wahrnehmung erneuerbarer Energien auf verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Ebenen. Bei der GEF als größtem multilateralen Finanzierer von Erneuerbare-Energien-Projekten ist die Wahrnehmung erneuerbarer Energien als gleichbleibend positiv zu bewerten. Die Rolle erneuerbarer Energien in den flexiblen Instrumenten des Kyoto-Protokolls ist im Gegensatz zu anderen Klimaschutzmaßnahmen gering, vor allem da die Rentabilität erneuerbarer Energien-Projekte nur unwesentlich erhöht wird.

Ein Wandel in der Wahrnehmung von REG ist hingegen bei der IEA deutlich erkennbar. Seit einigen Jahren stehen nun auch die erneuerbaren Energien sowie Förderpolitiken auf der Agenda. Der WBCSD sieht in erneuerbaren Energien eher eine nachrangige Lösung. Bevorzugt werden Energieversorgungsvarianten auf fossiler Basis inklusive CCS sowie Atomkraft. Die Gründung von internationalen Organisationen eigens für die Unterstützung von erneuerbaren Energien wie die IRENA macht den Wahrnehmungszuwachs besonders deutlich.

### **Zielgruppenspezifische Perzeption erneuerbarer Energien**

Der Darstellung der Rolle erneuerbarer Energien in der Diskussion über die zukünftige Ausgestaltung der Energiesysteme kommt große Bedeutung zu, da letztlich eine abgestimmte Ansprache die Akzeptanz auf verschiedenen Akteursebenen bzw. Bevöl-

kerungsgruppen steigern kann. Daher wurde die aktuelle Situation bezüglich der Berichterstattung über und der allgemeinen Darstellung von erneuerbaren Energien analysiert. Einerseits wurden Journalisten befragt, andererseits eine vertiefte Auswertung von Broschüren und sonstigem Informationsmaterial innerhalb Deutschlands vorgenommen.

Aus der bisherigen Berichterstattung und den Haltungen der Journalisten lässt sich eine Reihe von Argumenten für die zukünftige Darstellung der REG ableiten. Die zukünftige Berichterstattung

- sollte eine systemischere Auseinandersetzung mit dem Thema (Einordnung und Bezug zu übergeordneten Themen) zulassen,
- sollte nicht nur positive sondern auch kritischere Aspekte diskutieren, um die Glaubwürdigkeit der Inhalte und der Themen in der breiten Bevölkerung zu erhöhen,
- sollte die Interessenlagen aller beteiligten Akteure offen legen, um eine differenziertere Auseinandersetzung mit dem Thema voranzutreiben,
- sollte einen Bezug zur direkten Erfahrungswelt bestimmter gesellschaftlicher Gruppen herstellen (z. B. „Wie können Mietergruppen erneuerbare Energien nutzen?“),
- muss den konkreten Zugang und Nutzen zum Thema stärker verdeutlichen.

### **Erstellen einer verbreitungsfähigen Broschüre**

Vor dem Hintergrund der in den vorangegangenen Arbeitsfeldern durchgeführten Analysen wurde beispielhaft eine Broschüre erarbeitet, um einen zielorientierten Beitrag zur weiteren Verankerung der erneuerbaren Energien zu leisten.

Die Broschüre *Hemmnis Atomkraft* ist ein praktisches Beispiel, wie die Berichterstattung in Zukunft bezüglich erneuerbarer Energietechnologien gestaltet werden kann, um die Meinungsbildung zum Ausbau der REG-Technologien zielgerichtet voranzutreiben. Sie ist als systematische Erweiterung bisher vom BMU bereitgestellter Informationen über erneuerbare Energien (z. B. Broschüre *Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft*) zu verstehen. Das ausgewählte Thema schließt eine Lücke in der bisherigen Berichterstattung, denn die beiden Energieerzeugungstechnologien (Atomkraftwerke und REG-Technologien) wurden bislang noch nicht systemvergleichend und in Form einer Broschüre für die interessierte Öffentlichkeit aufgearbeitet.

Durch eine Laufzeitverlängerung für Atomkraftwerke entstehen Folgeeffekte (bis hin zu Bremseffekten) auch für die weitere Entwicklung von erneuerbaren Energietechnologien. Durch das Aufzeigen dieser Effekte können die Leser den Verlauf des gesamten (politischen) Prozesses besser einordnen und in einen übergeordneten Kontext stellen. Auf der Grundlage dieser Informationen kann auch eine kritischere Auseinandersetzung mit dem Thema erfolgen. Mit der vorliegenden Broschüre werden Informationen auch für Entscheidungsträger angeboten.

## 1 Politikziele als mögliche Treiber des Ausbaus der Nutzung erneuerbarer Energien

Kapitel 1 stellt in Einzelbeiträgen zahlreiche Ziele deutscher Politik als mögliche treibende Kräfte für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien zusammen. Diese Gesamtschau verdeutlicht die große Bandbreite, in der erneuerbare Energien heute gedacht werden müssen. Jedes in dieser Hinsicht relevante Politikziel wird auf wenigen Seiten entlang eines einheitlichen Schemas dargestellt, um dessen Bedeutung im Kontext der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien herauszuarbeiten. Relevant ist neben den aktuellen Bezügen auf die Förderstrukturen von REG auch die vergleichende Analyse möglicher Konkurrenzoptionen zu erneuerbaren Energien, namentlich Energieeffizienz (REN), Kernenergie und die CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung (CCS) beim Betrieb fossil befeuerter Kraftwerke. Hier wird geklärt, ob Konkurrenzen zu REG entstehen können. Es ist ebenfalls darzustellen, ob mit diesen Optionen auch Synergien möglich sind, diese also förderlich für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien wirken können.

**Verschiedene Arten erneuerbarer Energien.** Zu den erneuerbaren Energien (REG) gehören sehr verschiedene Energiequellen bzw. -träger sowie unterschiedliche Einsatztechniken und mehrere Endenergieangebotsformen. Ihr bevorzugter Einsatzort und ihre Marktentwicklung ist zum einen abhängig von der Güte des natürlichen Angebots, zum anderen aber auch von den geltenden politischen, wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen. Daher wird in diesem Abschnitt zunächst ein qualitativ differenzierender Überblick über die zu betrachtenden erneuerbaren Energien gegeben (siehe Tab. 1-1), bevor diese in den nachfolgenden Kapiteln eingehender untersucht und bewertet werden. Dieser Überblick dient zum einen der Konkretisierung der technologischen REG-Vielfalt und damit zugleich der Abgrenzung des Untersuchungsraumes. Zum anderen dient er der grundsätzlichen Einordnung, welche Rolle die jeweiligen REG im Hinblick auf die heimische Nutzung, den Import sowie den Export haben. Denn die Beiträge und treibenden Kräfte für REG, die in Deutschland selber eingesetzt und genutzt werden, werden sich deutlich von denjenigen REG unterscheiden, die (noch) nicht für die inländische Nutzung bereitgestellt werden.

Tab. 1-1. Überblick über die betrachteten erneuerbaren Energien, differenziert nach aktueller heimischer Bereitstellung bzw. Nutzung sowie aktueller Bedeutung von Import und Export

Energiequellen		Endenergie	Produkte/Techniken	Heimische Nutzung	Import <sup>1)</sup>	Export <sup>1)</sup>
Biomasse	feste Biomasse	Kraftstoff	Bioethanol	x	x	-
			Biodiesel	x	x	?
			Biogas	o	-	-
			BTL-Diesel	o	-	-
		Strom	Kondensations-KW	x	-	-
		Strom&Wärme	KWK	x	-	-
	flüssige Biomasse	Kraftstoff	Bioethanol	x	x	-
			Biodiesel	x	x	?
			Pflanzenöl	x	x	-
			Strom	-	-	-
		Strom&Wärme	KWK	x	x	-
		Wärme	Heizkessel	?	-	-
	gasf. Biomasse	Gas	Biogas (Einspeisung)	o	-	-
			Biogas (Tankstelle)	o	-	-
			Synthesegas (TS)	-	-	-
Strom			Gasturbine	?	-	-
Strom&Wärme			KWK	x	-	-
Geothermie	Tiefengeothermie	Strom	ORC-Kraftwerk	o	-	-
		Strom&Wärme	ORC-Kraftwerk	o	-	-
	oberflächennah	Wärme	Wärmepumpe	x	-	-
Solarenergie	Photovoltaik	Strom	PV-Inselanlage	x	-	-
			PV-Dachanlagen	x	-	-
			Gebäudeintegrierte PV	o	-	-
			PV-Freiflächenanlagen	x	-	-
	Solarthermie	Strom	Parabolrinnen	-	-	-
			Solar-Dish	-	-	-
			Solarturm	-	-	-
Wärme	Kollektoren	x	-	-		
Wasser	Laufwasser	Kraft	Antriebe	?	-	-
			Kraftwerk	x	-	-
	Pumpspeicher	Strom	Kraftwerk	x	x	x
			Kraftwerk	-	-	-
Wellen/Meeresenergi	Kraft	Kraftwerk	-	-	-	
		Kraftwerk	-	-	-	
Windenergie	onshore	Kraft	Mühlen bzw. Antriebe	?	-	-
			Autarkes Kraftwerk	-	-	-
	offshore	Strom	Netzgekoppeltes Kraftwerk	x	x	x
			Netzgekoppeltes Kraftwerk	o	-	-

Bemerkungen: <sup>1)</sup> bezogen auf Energieträger; x = signifikante Rolle; - = keine Rolle; o = in Einführung/geplant;

Quelle: eigene Zusammenstellung und Bewertung.

Alle fünf Grundarten an erneuerbare Energiequellen (Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasser- und Windkraft) werden in Deutschland mehr oder weniger umfangreich genutzt. Zwischen sowie innerhalb dieser Energiequellen gibt es allerdings zum Teil deutliche Unterschiede bei Intensität und Umfang der Nutzung:

- **Biomasse** (feste Biomasse) wird bisher überwiegend im Bereich der Wärmeversorgung vor allem bei privaten Haushalten eingesetzt. Aufgrund der aktuellen politischen Rahmenbedingungen (EEG und Biokraftstoffquotengesetz) sowie Zielsetzung

gen gewinnt jedoch auch die Biomasse-Nutzung für die Kraftstoff- und Stromerzeugung momentan sehr schnell an Bedeutung. Dadurch werden zudem Importe an flüssiger Biomasse (vor allem Palmöl) sowie Bio-Kraftstoffe induziert bzw. wird generell der Handel mit diesen Produkten angeregt.

- **Geothermie** (oberflächennahe Geothermie) wird bisher ebenfalls überwiegend zur Wärmeversorgung von Gebäuden mit Hilfe von Wärmepumpen genutzt. Hier ist, angesichts stärker steigender Preise für Heizöl und Gas als für Strom, unlängst eine deutliche Nachfragesteigerung zu verzeichnen. Parallel dazu befinden sich aber auch eine Vielzahl an Projekten zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung auf der Basis tiefengeothermischer Potenziale in der Planungs- und Realisierungsphase.
- **Solarenergie** wird deutlich zunehmend, wenn gleich noch auf niedrigem Niveau, sowohl für die Strom- als auch Wärmeerzeugung genutzt. Dabei erlebt die Stromerzeugung mittels Photovoltaik, aufgrund des EEG und der allgemein hohen Akzeptanz bzw. Faszination, derzeit einen deutlich stärkeren Boom als die Erzeugung von Wärme mittels Solarkollektoren. Dagegen wird die Erzeugung von Strom aus solarthermischen Kraftwerken aufgrund des relativ geringen Angebots an direkter Solarstrahlung hierzulande auch künftig keine signifikante Rolle spielen<sup>1</sup>.
- **Wasserkraft** ist die, neben der Biomasse, seit längstem genutzte erneuerbare Energie, früher zunächst ausschließlich für mechanische Antriebe, „heutzutage“ dagegen nahezu ausschließlich für die Stromerzeugung. Besondere Bedeutung für den Stromhandel haben dabei vor allem die Pumpspeicherkraftwerke (Spitzenlast).
- **Windkraft** ist seit etwa 2004 insgesamt die größte Quelle für REG-Strom (vor der Wasserkraft) und wird leistungsmäßig nach wie vor am stärksten von allen REG weiter ausgebaut. Die Nutzung verlagert sich derzeit zwar immer mehr in Richtung Binnenland, wobei die Erschließung neuer Standorte generell schwieriger wird, aber es bestehen noch große Potenziale im Hinblick auf den Ersatz alter Anlagen durch neuere, leistungsstärkere Anlagen (Repowering) sowie im Hinblick auf die Erschließung von Windpotenzialen auf See (Offshore-Windparks). Hierzu liegen bereits viele Genehmigungen und Planungen vor, wenn gleich sich die tatsächliche Erschließung vor allem aus ökonomischen Gründen noch verzögert.

Der Handel (Import und Export) mit den jeweiligen Endenergien und erforderlichen Energieträgern betrifft derzeit nahezu ausschließlich die Biomasse-Sektoren Kraftstoffe und KWK-Nutzung. Aufgrund eines tendenziell vorhandenen Nachfrageüberhangs sowie aufgrund von Preisvorteilen für bestimmte Produkte wie vor allem Bioethanol

---

<sup>1</sup> Gleichwohl bestehen in Deutschland wichtige treibende Kräfte für einen Ausbau der solarthermischen Stromerzeugung in Form von wissenschaftlichen und industriellen Kompetenzen sowie aktiven Unternehmen.

und Palmöl kommt es diesbezüglich zu nennenswerten Importen, während umgekehrt der Export bislang kaum eine Rolle spielt<sup>2</sup>.

Für weitere bzw. detailliertere Angaben zu Status quo und bisheriger Entwicklung der REG-Nutzung in Deutschland sei auf die Statistiken der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energien (AGEE) und die einschlägigen Berichte vom Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) verwiesen.

## 1.1 Gewährleistung von Energiesicherheit

### 1.1.1 Begriffsdefinition Energiesicherheit

Im deutschen Sprachgebrauch wird der Begriff Energiesicherheit bisher weitgehend mit Versorgungssicherheit gleichgesetzt, womit ausschließlich der ausreichende Nachschub an (billiger) Energie (auch endenergieseitig) auf nationaler Ebene gemeint ist. Diese Einschränkung lässt zwei zentrale Aspekte außer Acht: die zeitliche Dimension von Energieversorgung sowie die Bedeutung von Energie über die Dimension von Energiebereitstellung hinaus. Als Leitkriterien von Energiesicherheit sind daher folgende Aspekte zu thematisieren:

- Importabhängigkeit
- Substituierbarkeit von Energieträgern und Verfügbarkeit von Technologien innerhalb verschiedener Zeithorizonte
- Flexibilität des Kraftwerkseinsatzes im Gesamtverbund: Grundlastfähigkeit, Ausfallsicherheit, Brennstoffverfügbarkeit
- Verletzlichkeit/Anfälligkeit von Versorgungsstrukturen

### 1.1.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** Der Einsatz erneuerbarer Energien steigert die Energiesicherheit. Daher kann das Politikziel „Gewährleistung von Energiesicherheit“ als treibende Kraft für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wirken.

Die Diskussion der Bedeutung erneuerbarer Energien zur Herstellung und Aufrechterhaltung von Energiesicherheit kann nur differenziert nach Verwendungs- bzw. Einsatzarten der jeweiligen Energieträger erfolgen.

Erdöl bzw. Erdölprodukte werden vorrangig im Transportbereich eingesetzt. Erdgas wird vorrangig im Wärmebereich eingesetzt (in Haushalten), allerdings in zunehmendem Maße auch in der Stromerzeugung. Kernbrennstoffe dienen ausschließlich der Verstromung. Kohle wird sowohl für die Strom- als auch Wärmeerzeugung eingesetzt. Erneuerbare Energien lassen sich in allen genannten Bereichen einsetzen, abhängig

---

<sup>2</sup> Exporte sind ggf. kurzfristig im Fall von Biodiesel zu erwarten.

von der jeweiligen Energieart: Wind zur Stromerzeugung, solare Strahlungsenergie und Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung. Biomasse kann außerdem Treibstoff für den Transportsektor bereitstellen.

Versorgungsstrukturen mit großen Anteilen an zentralisierter Erzeugung und den damit verbundenen langen Transport- und Verteilungsdistanzen führen prinzipiell zu hoher Anfälligkeit gegenüber punktuellen Störungsereignissen. Dies wurde beispielsweise im Spätherbst 2005 deutlich, als im Münsterland eine einzige Überlandleitung wegen Überfristung zusammenbrach und einen tagelangen Stromausfall für mehrere hunderttausend Menschen zur Folge hatte. In Bezug auf die bestimmenden Faktoren der Energiesicherheit sind erneuerbare Energien zu analysieren.

### 1.1.2.1 Importabhängigkeit

Die Entwicklung des deutschen Energieverbrauchs im Referenzfall (vgl. Ewi, Prognos 2005) zieht steigende Importabhängigkeiten nach sich, vor allem wegen der sinkenden Produktionsmengen von Steinkohle und Erdgas (beim Erdöl ist Deutschland bereits fast vollständig auf Importe angewiesen, Kernbrennstoffe werden zu hundert Prozent importiert, s. Tab. 1-2).

Tab. 1-2. Verbrauch an Primärenergieträgern in Deutschland, Eigenproduktion und Importmengen, 2004. BMWi 2005

Energieträger	Verbrauch	Eigenproduktion	Importmenge	Importanteil
Rohöl (Mio. t)	113,2	3,5	110	97,1%
Erdgas (Mrd. kWh)	1132	190,4	941,6	83,2%
Steinkohle (Mio. t)	72,2	25,9	43,9	60,7
Braunkohle (Mio. t)	181,9	181,9	0	- 0,7%
Kernbrennstoffe (PJ)	1823	0	1823	100,0%
Gesamtimportabhängigkeit	74,4%			

Die Nutzung von auf heimischem Territorium vorhandenen erneuerbaren Energien kann hingegen die relative und die absolute Importabhängigkeit senken. Dies wurde auch bereits in zahlreichen Szenarienarbeiten belegt und kommuniziert, so im Leitszenario 2008 (BMU 2008):

„Zur Jahrhundertmitte werden damit nur noch 37% der heute eingesetzten fossilen Primärenergie und kein Uran mehr benötigt. Damit verringert sich auch die Importabhängigkeit der deutschen Energieversorgung. Die importierte Energiemenge belief sich in 2006 auf 10 776 PJ/a, die Importquote auf 74,5% [BMWi 2008]... Bis 2020 verringert sich die Importmenge, bei 100%-igem Import von Öl und Erdgas und 80%-igem Import von Steinkohle, bereits auf 8 750 PJ/a. Die Importquote sinkt dagegen nur gering auf 72,7%, da sich die Bezugsgröße „Primärenergieverbrauch“ ebenfalls reduziert. Nach 2020 erfolgt ein deutlicher Rückgang. Im Jahr 2050 werden noch 4 200 PJ/a fossile Energien importiert, hinzu kommt ein „importierter“ Beitrag der EE aus dem europäischen Stromverbund ... in Höhe von 430 PJ/a... Die Importquote beträgt somit

57%. Der Beitrag der importierten EE am Gesamtverbrauch ist mit 5% gering und kann als eine eher erwünschte, da politisch stabilisierende internationale Kooperation angesehen werden.“

Die Senkung der absoluten Importabhängigkeit bedeutet auch eine Senkung der Abhängigkeit von Staaten, die gemeinhin als „politisch labil“ bezeichnet werden. Konkret fassbar wird dieser Begriff durch die Kategorisierung des HIIK (Heidelberger Institut für Internationale Konfliktforschung): In einem jährlich erscheinenden „Konfliktbarometer“ werden sämtliche Länder der Erde bewertet nach den Konflikten innerhalb ihrer Territorien. Die Analyse zeigt, dass die deutschen und EU-Importe zu großen Teilen aus Ländern stammen, in denen Kriege und ernste Konflikte vorkommen. Eine detaillierte Analyse findet sich im Projektbericht *Sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien*, der für das BMU im Jahr 2007 erstellt wurde (BMU 2007). Die wichtigsten Erdöllieferanten Deutschlands sind in Tab. 1-3 dargestellt.

Tab. 1-3. Bezugsländer der deutschen Erdölversorgung 2004. BMWi 2005

	Einfuhr in 1000 t	Importanteil
Naher Osten	8.620	7,8
Saudi-Arabien	4.219	3,8
Syrien	3.936	3,6
Iran	405	0,4
Afrika	16.923	15,4
Algerien	2.840	2,6
Libyen	12.781	11,6
Nigeria	914	0,8
Venezuela	784	0,7
Russland	37.065	33,7
Norwegen	21.804	19,8
Großbritannien	12.968	11,8
Sonstige Länder	11.871	10,8
OPEC-Einfuhr	22.002	20,0

### 1.1.2.2 Anfälligkeit und Verletzlichkeit der Energieinfrastrukturen

Die Versorgungsfunktion des Energiesektors betrifft sämtliche gesellschaftlichen Bereiche. In modernen Gesellschaften zeichnet sich die Energieinfrastruktur durch die Zentralität der Versorgungssysteme aus. Der Begriff der Verwundbarkeit von Energieversorgungsstrukturen beinhaltet neben den nahe liegenden (Groß-) Anlagen wie Kraftwerken auch Netze und Versorgungsketten, die je nach Zentralisierungsgrad gegenüber gezielten Sabotageakten, aber auch gegenüber Naturkatastrophen besonders exponiert sind. Der Bezug zwischen der Verwundbarkeit von Anlagen, die zentral das gesellschaftliche Zusammenleben prägen, und Sicherheit bildet den Kern der Debatte um "Critical Infrastructure" (Haines/Longstaff 2002; Farrell et al. 2004).

Es ist zu analysieren, ob bestehende Risiken in Energieversorgungssystemen, die auf erneuerbaren Energien beruhen, gemindert werden können oder ob evtl. neue Risikopotenziale zu erwarten sind.

Im Bereich Windkraft steigen die Anlagengrößen und damit auch der mögliche wirtschaftliche Schaden, falls eine Anlage sabotiert wird oder aus anderen Gründen ausfällt. Dennoch erreichen Windkraftanlagen nur einen Leistungsbereich bis ca. 6 Megawatt, sodass sich der Schaden in kleinen Grenzen hält. Der Leistungsbereich von Windparks liegt dagegen bei mehreren 100 MW. (Anfällig ist dann vor allem das Stromtransportnetz für den Anschluss der Windparks an die Verbraucher.) Unglücksfälle bei Windenergieanlagen sind selten mit Personenschäden verbunden, dies liegt in der Siedlungsferne der Anlagen begründet. In Relation zur Zahl der Anlagen in Deutschland sind diese Ereignisse aber äußerst gering. 2006 existierten in Deutschland über 18000 Anlagen mit einer Gesamtleistung von über 20500 Megawatt. Diese dezentrale Streuung von Anlagen macht strategische Angriffe nahezu unmöglich.

Im Bereich der Solarenergienutzung erreichen die Anlagen in Deutschland Dimensionen von maximal einigen wenigen Megawatt. Die bestehenden Nutzungsformen sind daher kaum als kritische Infrastrukturen zu werten.

Im Bereich der Biogasproduktion bzw. -nutzung können Gefahren und Risiken auftreten, etwa durch Explosionen zündfähiger Gas/Luft-Gemische. Trotz bestehender Sicherheitsregeln sind solche Anlagenrisiken kaum völlig auszuschließen, bleiben in ihren Auswirkungen aber wiederum zeitlich und räumlich begrenzt.

In der energiepolitischen und sicherheitspolitischen Diskussion wird die latente Gefahr terroristischer Angriffe auf großindustrielle Stromerzeugungsanlagen, hauptsächlich Atomkraftwerke, thematisiert. Die Dezentralisierung des Energiesystems durch erneuerbare Energien senkt in diesem Punkt die Verletzlichkeit, denn Angriffe auf kleine Erzeugungsanlagen (z. B. Blockheizkraftwerke, BHKW) erscheinen zumindest aus heutiger Sicht aufgrund des sehr eingeschränkten erzielbaren Effekts als sinnlos. Hingegen könnten zentrale Erzeugungsanlagen (solarthermische Kraftwerke in Nordafrika) durchaus ein Ziel derartiger Angriffe darstellen.

### **1.1.2.3 Flexibilität und Stabilität des Stromsystems**

Wind- und Sonnenenergie zählen zu den fluktuierenden Energien und erfordern ein anspruchsvolles Lastmanagement. Dies ist prinzipiell beherrschbar, jedoch stark von den anderen Erzeugungsoptionen im System abhängig (z. B. Anteil großer Erzeugungseinheiten zur Sicherstellung der Grund- und Mittellastversorgung etc.). Die Zusammenschaltung zu einem sogenannten Virtuellen Kraftwerk stellt eine Option dar. In Verbindung mit grundlastfähigen Anlagen wie Biomasse-Kraftwerken (im Inland) und solarthermischen Kraftwerken (in südlichen Ländern wie Spanien und in Nordafrika) sind ressourcen- und technologieeitig die Möglichkeiten für sehr flexiblen und stabilen Netzbetrieb gegeben. In diesem Zusammenhang stellt die Verfügbarkeit von Regelleistung in erster Linie ein technisches und ökonomisches Problem dar.

#### 1.1.2.4 Zeitliche Verfügbarkeit von Technologien

Bezüglich des Klimaschutzes ist die zeitliche Verfügbarkeit entsprechender Technologien relevant. Prinzipiell sind für die Erreichung von Klimaschutzziele Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien vorhanden und ausgereift, wenngleich noch erhebliche Möglichkeiten zur Kostendegression und Effizienzsteigerung bestehen.

**Fazit:** Die eingangs aufgestellte Hypothese wurde durch die Analyse verifiziert. Erneuerbare Energien sind in der Lage, auf verschiedene Kriterien von Energiesicherheit positiv zu wirken. Im Vergleich dazu senken fossile und nukleare Energieträger die Energiesicherheit im Zeitverlauf.

#### 1.1.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien

Bis vor wenigen Jahren wurde der Begriff Energiesicherheit im deutschen Sprachraum kaum verwendet. Stattdessen ist der Begriff Versorgungssicherheit seit langem eingeführt. Dieser Begriff bezog sich jedoch stets auf die sichere Versorgung zwischen dem (innerhalb Deutschlands gelegenen) Kraftwerk bis hin zum Endverbraucher. Vorgelagerte Aspekte fanden keine Aufmerksamkeit. Aufgrund der Neuartigkeit des Begriffs Energiesicherheit wird dieser teilweise immer noch mit Versorgungssicherheit gleichgesetzt und damit vereinfacht. Auch diese Vereinfachung kann ein Grund dafür sein, dass Energiesicherheit bisher keinen nennenswerten Eingang in die Argumentation von Förderprogrammen und -instrumenten im Bereich erneuerbarer Energien gefunden hat. Ein weiterer Grund hierfür ist, dass bis vor wenigen Jahren erneuerbare Energien im politischen Bereich nicht als Gesamtstrategien außerhalb des Klimaschutzes anerkannt und diskutiert wurden.

Prinzipiell ist die konkrete Formulierung von Zielen hinsichtlich Energiesicherheit komplex und erfordert die Erfassung von Energieversorgung als Gesamtsystem, das nur durch Gesamtstrategien adressiert werden kann. Dies ist einerseits der Bedeutungstiefe des Begriffs Energiesicherheit geschuldet, andererseits den auf verschiedenen (Struktur-) Ebenen anzusprechenden Herausforderungen. Von Bedeutung ist außerdem, dass verschiedene Handlungs- und Lösungsansätze auf einen bestimmten Aspekt von Energiesicherheit fördernd wirken können, auf einen anderen Aspekt jedoch eher negativ (Diskussion hierzu im folgenden Teilkapitel).

Energiesicherheit ist darüber hinaus von Faktoren abhängig, die außerhalb des Energiebereichs selbst liegen. Deshalb ist es schwierig, Energiesicherheit (im internationalen Zusammenhang) auf Politikinstrumente im Energiebereich zu beschränken. Vielmehr sind Ansätze notwendig, die Energie als einen Teil in einem übergeordneten Ganzen begreifen.

Es liegen also keine quantitativen Politikziele zur Energiesicherheit vor, sondern nur qualitative Aussagen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das EU-Grünbuch zur Energiesicherheit, in dem internationale Verträglichkeit und Risikoarmut von Ener-

giestrukturen angesprochen werden und auch die nationale Dimension der Versorgungssicherheit Eingang findet (Europäische Kommission 2006). Im Bedeutungsrahmen von Energiesicherheit liegen auch Klima- und Umweltverträglichkeit, die im Projektverlauf ebenfalls analysiert werden. Es ist festzuhalten, dass die Langfristziele für Klima- und Umweltschutz der EU und Deutschlands inhärent positiv auf Energiesicherheit wirken. Insofern kommt es hier zu einem primär nicht intendierten positiven Nebeneffekt des Klimaschutzes.

Ein Teilaspekt von Energiesicherheit, nämlich die bedarfsgerechte Versorgung, ist bereits im deutschen Energiewirtschaftsgesetz verankert.

**Fazit:** Das Politikziel *Gewährleistung von Energiesicherheit* spielt bisher in der politischen Meinungsbildung eine wenig differenzierte Rolle. Eine direkte Verbindung zwischen der Gewährleistung von Energiesicherheit und der Nutzung erneuerbarer Energien wurde bei der Formulierung von REG-Politiken nicht oder nur ungenügend hergestellt.

#### **1.1.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Hemmnisse einer stärkeren Verbindung von *Erneuerbaren Energien* und *Energiesicherheit* sind auf zahlreichen Ebenen zu finden. Eine mehr dezentrale Ausrichtung der Energieinfrastrukturen erzeugte in der Vergangenheit bereits Widerstände in Teilen der Bevölkerung. Die Kleinteiligkeit dieser Versorgungsstrukturen erzeugte überdies den Eindruck, dass keine nennenswerten Beiträge für eine *nationale* Versorgung geleistet werden könnten. Des Weiteren werden bei der Versorgung mit fossilen Energieträgern – und dadurch einer Aufrechterhaltung der heute dominierenden zentralen Erzeugungsinfrastrukturen – auf längere Sicht oft keine strukturellen Versorgungsprobleme wahrgenommen. Diese Haltung wird vor allem von den Akteuren der Kohle-, Erdgas- und Kernenergieverbände und –industrien vertreten. Sie wird aber auch von der Internationalen Energieagentur gestützt, die sinkende Energiesicherheit vorrangig als Problem ausbleibender Investitionen thematisiert. Die mangelnde Wahrnehmung zentraler Aspekte wie Importabhängigkeit und Verletzlichkeit ist womöglich auch ein Problem abstrakter Risikowahrnehmung: Beide Aspekte sind kaum konkret greifbar und für große Bevölkerungsteile daher nicht interpretierbar.

Die **Langfristigkeit von Handlungsansätzen** stellt ein weiteres Hemmnis bei der Erhöhung der Energiesicherheit dar: Bereits heute müssen große Investitionen getätigt und Politiken formuliert werden, um mittel- bis langfristig signifikante (positive) Änderungen auf der Seite der Energiesicherheit zu erzielen. Diese zeitliche Distanz trägt jedoch zur geringen Vermittelbarkeit der Notwendigkeit solcher Investitionen und Politiken bei. Zusammen mit dem vorliegenden „sozialen Dilemma“ („Was bringt es, wenn ich mich ändere, wenn alle anderen sich nicht ändern?“) werden langfristig erforderliche Richtungsänderungen suboptimal vorbereitet und thematisiert.

Bei sämtlichen großmaßstäblichen Lösungen bleibt das Problem der Verletzlichkeit aufgrund des hohen Zentralisierungsgrads bestehen. Hinzu kommt, dass Deutschland bezüglich der meisten großmaßstäblich einzusetzenden fossilen Energieträgern – Kernbrennstoffe, Steinkohle, Erdgas – stark von Importen abhängig ist. Eine Ausnahme ist die Braunkohle.

**Kernkraft.** Der Betrieb der deutschen Kernkraftwerke ist vollständig auf den Import von Brennstoffen angewiesen. Daher steigt formal die Importabhängigkeit Deutschlands, sollte die Kernenergie größere Versorgungsanteile übernehmen.

Als großindustrielle Strukturen sind Kernkraftwerke punktuell anfällig für terroristische Angriffe. Daher erhöht die Kernenergienutzung die Energiesicherheit nicht, sondern steigert im Gegensatz die Verletzlichkeit. Das Problem der Proliferation kommt als weiteres Sicherheitsrisiko hinzu, ist im deutschen Kontext jedoch als gering zu bewerten.

Die Diskussion um Kernkraft als Klimaschutzoption verdeutlicht die **gegenseitige negative Beeinflussung von Politikzielen**: Während Kernkraft positiv auf das Politikziel (kurzfristiger) Klimaschutz wirken kann, wirkt sie sich negativ auf das Politikziel Gewährleistung von Energiesicherheit aus. Im Rahmen einer Gesamtstrategie nachhaltiger Energieversorgung scheidet Kernkraft daher aus. Dass sie jedoch trotzdem weiterhin von Teilen der Gesellschaft gegenüber anderen Energieformen favorisiert oder wenigstens als komplementär betrachtet wird, rührt aus der selektiven Wahrnehmung und Priorisierung von Politikzielen her.

Aufgrund der Endlichkeit nuklearer Energieträger sowie der generellen erheblichen Probleme des Uranbergbaus sind die Argumentationen z. B. des Atomforums kritisch zu bewerten. Entgegen der Aussagen des Atomforums ist Uran aus europäischer Sicht eben kein einheimischer Energieträger und reduziert demnach nicht die Importabhängigkeit. Besonders nicht im Fall von Deutschland, da die Wiedereröffnung stillgelegter Uranminen nicht nur technisch anspruchsvoll wäre, sondern wahrscheinlich auf erhebliche gesellschaftliche Widerstände trafe und ressourcenseitig fraglich ist, ob jemals ausreichende Uranmengen abgebaut werden könnten.

Bei gleichbleibender Anzahl von Kernkraftwerken global und damit konstanter Nachfrage nach Kernbrennstoffen werden bis Mitte der 2010er Jahre Versorgungsengpässe entstehen, erstens wegen der versiegenden Brennstoffquelle der Abreicherung von Kernwaffenuran und zweitens wegen der starken Verzögerungen bei der Erschließung neuer Uranbergbaue, wie z. B. dem Cigar-Lake-Projekt in Kanada. Somit sinkt bereits auf der ersten Stufe der Brennstoffbereitstellung die Verlässlichkeit und damit die Energiesicherheit insgesamt. Die bisher kommunizierte Renaissance der Kernkraft würde im globalen Maßstab die Energiesicherheit senken.

**CCS.** Die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung von Kohle (und Erdgas) zum Zwecke des Klimaschutzes erfordert einen teils sehr hohen zusätzlichen Energieaufwand (BMU 2007c). Dieser Mehraufwand bedeutet im Fall von Steinkohle, dass mehr Kohle importiert werden müsste. Entsprechend stiege die Importabhängigkeit. Auch hier zeigt sich die Gegenläufigkeit von Politikzielen: Sollte CCS tatsächlich im großen

Maßstab einsetzbar werden, wären zwar positive Wirkungen auf das Politikziel Klimaschutz möglich, die Energiesicherheit würde aber sinken.

**Effizienz.** Je nach Indikator kann eine Steigerung der Energieeffizienz zu den möglichen Energiesicherheitszielen beitragen (relative/absolute Importabhängigkeit). Das systemische Zusammenwirken von REG und Energieeffizienz ermöglicht darüber hinaus Synergien zum Beispiel dort, wo mögliche Versorgungsprobleme mit Erneuerbaren auftreten, denn Effizienz verbilligt den Einsatz von REG. Insofern sind Energieeffizienz und erneuerbare Energien als sich ergänzende Optionen zu betrachten. Mögliche negative Effekte des Zusammenwirkens werden unten angesprochen.

**Fazit.** Einer der Hauptgründe, weshalb erneuerbare Energien in der Diskussion über die Gewährleistung von Energiesicherheit keine Rolle spielten und teilweise auch heute noch nicht spielen, ist die selektive Wahrnehmung sowohl der Prioritäten von Politikzielen als auch der generellen Einsatzmöglichkeiten und Dimensionen von Energieträgern. Als konkrete Punkte sind zu nennen:

- Überoptimistische Wahrnehmung vorhandener nicht-erneuerbarer Energieressourcen, vor allem im Bereich nuklearer Brennstoffe
- Überoptimistische Einschätzung von Fördertechnologien und ökonomischen Möglichkeiten im Bereich von Erdöl und Erdgas
- Mangelnde Würdigung der Optionen erneuerbarer Energieträger hinsichtlich deren möglicher Beiträge zu einer nationalen Energieversorgung
- Diese verschiedenen Arten verzerrter Wahrnehmung wurden und werden von maßgeblichen Akteuren bzw. Meinungsführern teilweise intensiviert und gefördert. Ein Beispiel hierfür sind z. B. Aussagen des Atomforums (s. o.).

### 1.1.5 Zusammenfassung: Identifizierung offener Punkte

Aufgrund der Endlichkeit fossiler Energieträger kann Energiesicherheit per se langfristig nicht durch fossile Energieträger aufrechterhalten werden. Diese Tatsache findet sich zwar in zahlreichen Politiken in der allgemeinen Diskussion der gegenwärtigen und zukünftigen Lage wider, wird in Politiken und Politikinstrumenten selbst aber eher selten in konkrete Maßnahmen umgesetzt. Dies mag dem Umstand geschuldet sein, dass bisher kein Instrumentarium entwickelt wurde, um Energiesicherheit konkret fassbar und operationabel zu machen. Insofern ist als offener Punkt anzusprechen, dass für die Integration des Konzepts Energiesicherheit in REG-Politiken sowie umgekehrt die Bedeutung von REG für die Gewährleistung von Energiesicherheit in erster Linie eine entsprechende Operationalisierbarkeit von Energiesicherheit hergestellt werden sollte.

Zukünftige Rahmenbedingungen zur Förderung erneuerbarer Energien könnten bestimmte Risiken der Energiesicherheit gezielt adressieren. Angesichts der sehr großen positiven Wirkung erneuerbarer Energien auf das Politikziel Gewährleistung von Ener-

giesicherheit finden sich die gegenseitigen Rückkopplungen nicht in REG-Förderpolitiken gespiegelt.

## 1.2 Regionale Wertschöpfung

Regionen in Deutschland profitieren in vielfältigster Weise vom Ausbau der erneuerbaren Energien. Diese sind nicht nur eine Möglichkeit auf regionaler Ebene Klimaschutz zu betreiben. Von den erneuerbaren Energien gehen auch wichtige Impulse in die unterschiedlichsten Bereiche der regionalen Wirtschaft aus. So entstehen bspw. Arbeitsplätze, entweder direkt oder indirekt bei regionalen Zulieferern. Regenerative Energien tragen zu den Haushalten von Städten und Gemeinden bei. Sie helfen, Energiepreisanstiege abzufangen und Importabhängigkeiten zu verringern. Wie die Potenziale der erneuerbaren Energien zum Vorteil von Regionen ausgeschöpft werden können, ist die Leitfrage dieses Unterkapitels.

### 1.2.1 Begriffsdefinition

Erneuerbare Energien gelten als flexibler Wachstums- und Jobmotor mit deutschlandweit derzeit rund 16 Milliarden Euro Jahresumsatz. Dabei ist die Branche mit all ihren Technologie- und Weltmarktführern durchweg mittelständisch strukturiert. Hauptträger dieser Entwicklung sind kleine und mittlere Unternehmen sowie Handwerksbetriebe. In zunehmendem Maße profitieren gerade die strukturschwachen Regionen Deutschlands vom Stellenboom der Branche. Besonders hoch ist der Anteil regionaler Wertschöpfung in Norddeutschland (ca. 50%), am niedrigsten derzeit in Ostdeutschland (ca. 20%) (DIW/DLR/GWS/ZSW 2006). Dabei spielt auch der Außenhandel mit erneuerbaren Energien für weitere positive Beschäftigungsimpulse eine große Rolle. Allein im vergangenen Jahr erreichten die Exporte Strom erzeugender Anlagen 6 Mrd. Euro.

Durch die Sicherung regionaler Wirtschaftskraft, die Reduzierung von Transporten und die Stärkung regionaler sozialer Systeme leistet regionales Wirtschaften einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit, der sowohl den ökologischen und sozialen, als auch den volkswirtschaftlichen Kriterien entspricht.

**Definition regionaler Wertschöpfung.** Wertschöpfung ist das originäre Ziel produktiver Tätigkeit. Wertschöpfung als Kennzahl misst den Ertrag wirtschaftlicher Tätigkeit als Differenz zwischen der Leistung einer Wirtschaftseinheit und der zur Leistungserstellung verbrauchten Vorleistung.

Die regionale Wertschöpfung wird in der Literatur unterschiedlich definiert. So ist bspw. bei Gothe und Hahne regionale Wertschöpfung der Zuwachs an Umsätzen in einer Region (Gothe/Hahne 2005). Grundlage ihrer Wertschöpfungsberechnung ist der Umsatz einer Wirtschaftseinheit. Um vergleichbare Werte für verschiedene Branchen zu erhalten, werden branchenspezifische Steuern, Abgaben und Abschreibungen abgezogen. Der Wert, der sich aus dieser Rechnung ergibt, stellt die monetäre Leistung der Wirtschaftseinheit dar, beziehungsweise die Wertschöpfung. Sie steht den Unterneh-

men zur Begleichung der Löhne und Gehälter, für neue Investitionen oder zur Ausschüttung des Betriebsgewinns zur Verfügung.

Da es sich im Bereich der erneuerbaren Energien nicht um eindeutig bestimmbare Sektoren handelt, die auf Wertschöpfungszuwachs durch Bau und Betrieb regenerativer Energien hin analysiert werden können, muss der Begriff Wertschöpfung nach Ansicht von Krämer und Seidel breiter interpretiert werden. Zur Ermittlung der Wertschöpfung wird untersucht, welche Geldflüsse durch Bau und Betrieb erneuerbarer Energien-Anlagen in die Region und aus der Region fließen (Krämer/Seidel 2004). Unter regionaler Wertschöpfung kann auch ganz allgemein die Inwertsetzung regionaler Potenziale verstanden werden (Hoffmann 2007).

Nach anderer Auffassung beinhaltet regionale Wertschöpfung sogar mehr als nur Ökonomie und zielt auf die Verbesserung der Lebenssituation in einer Region insgesamt (Hahne 2006). Eine rein quantitative Betrachtung lässt außer Acht, dass positive regionalökonomische Wirkungen außer in kurzfristigen Folgen der Investition in Sachanlagen vielmehr noch in den langfristigen Auswirkungen auf die preisliche und technologische Leistungsfähigkeit von Unternehmen oder in positiven Imageeffekten für die Region zu suchen sind (Legler, Schmidt 2000).

### 1.2.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** REG können in vielfacher Weise positive regionalökonomische Wirkungen entfalten und das Politikziel der Stärkung vor allem auch ländlicher Räume unterstützen. Die Förderung erneuerbarer Energien stellt somit ein geeignetes Instrument der Regionalentwicklung dar. Umgekehrt gilt auch, dass die Förderung regionaler Wertschöpfung als treibende Kraft für REG wirken kann. Beide Politikziele – Ausbau von REG und regionale Wertschöpfung – stehen in einem positiven wechselseitigen Wirkungszusammenhang.

Im Verlauf der Analyse wird dieser Wirkungszusammenhang aus drei Perspektiven beleuchtet: (a) Wo ist Wertschöpfung durch erneuerbare Energien räumlich verortet, (b) in welchen Wirtschaftsbereichen wird Wertschöpfung durch erneuerbare Energien generiert und (c) gibt es quantitative Belege für die Wechselwirkung zwischen den Politikzielen REG-Ausbau und Erzeugung regionaler Wertschöpfung?

**Lokalisierung von Wertschöpfung durch erneuerbare Energien.** Regenerative Energien werden in vielen Fällen direkt auf lokaler bzw. regionaler Ebene genutzt. Das gilt insbesondere für die Bioenergie und auch, aber weniger ausgeprägt, für die Wind- und Sonnenenergie sowie Geothermie. Die Nutzung heimischer Energieträger ist prinzipiell dazu geeignet, Akteure auf lokaler Ebene an der Wertschöpfung bei der Erschließung und Nutzung dieser Energien teilhaben zu lassen. Diese Möglichkeit ist insbesondere dann gegeben, wenn außer der reinen Bereitstellung auch noch weitere Veredlungsschritte, wie Aufbereitungs- oder erste Umwandlungsschritte bis hin zur letztendlichen Endenergienutzung in den Händen lokaler Akteure liegen.

Um die Wertschöpfung eines REG-Nutzungspfades untersuchen und lokalisieren zu können, kann dieser in einer ersten Näherung in vier Aufarbeitungsschritte zerlegt werden. Diese sind die Rohstoffbereitstellung, die Aufbereitung inklusive Transport, die Umwandlung in Endenergie und die Nutzung dieser Energie beim Verbraucher. Die vier Schritte werden im Folgenden näher dargestellt.

Neben der Rohstoffbereitstellung, die im Fall regenerativer Energien fast immer lokal erfolgt, muss gerade im Bereich der Wind- und Sonnenenergienutzung auch die **Herstellung** der entsprechenden Umwandlungs- bzw. Veredelungstechnologien betrachtet werden. Hier gilt, dass eine Technologie umso weniger lokal bereitgestellt wird, desto mehr es sich um eine hochspezialisierte Anwendung handelt.

Die **Aufbereitung und Umwandlung** der eingesetzten Rohstoffe zu Endenergie ist in den meisten Fällen eng gekoppelt. Das ist damit zu erklären, dass für beide Schritte oftmals die gleichen Energieströme (z. B. Prozesswärme) genutzt werden. Eine räumliche Trennung bietet sich daher entweder vor der Aufbereitung des Rohstoffs oder aber nach der Umwandlung zum Endenergieträger an. Damit ist der Aspekt der Zentralität der Umwandlungsprozesse entscheidend für die lokale oder überregionale Ansiedlung der Wertschöpfungskette.

**Endenergienutzung:** Die bereitgestellte Endenergie soll nun dem Verbraucher zugänglich gemacht werden. In den meisten Fällen kann eine netzgebundene Verteilungsstruktur genutzt werden, um den Ort der Nutzung räumlich von der Erzeugung der Endenergie zu trennen. Dieses Vorgehen wird in vielen Fällen als sinnvoll erachtet, da das erzeugte Produkt möglichst auf einem breiten Markt angeboten werden soll. Eine möglichst hohe regionale Wertschöpfung steht diesem Vorgehen in der Regel entgegen, trotzdem sind bereits Beispiele bekannt (siehe Bioenergiedorf Jühnde, Praxisbeispiel).

Am Beispiel verschiedener Biomasse-Nutzungspfade wird die räumliche Verortung der einzelnen Wertschöpfungsstufen verdeutlicht (s. Abb. 1-1).

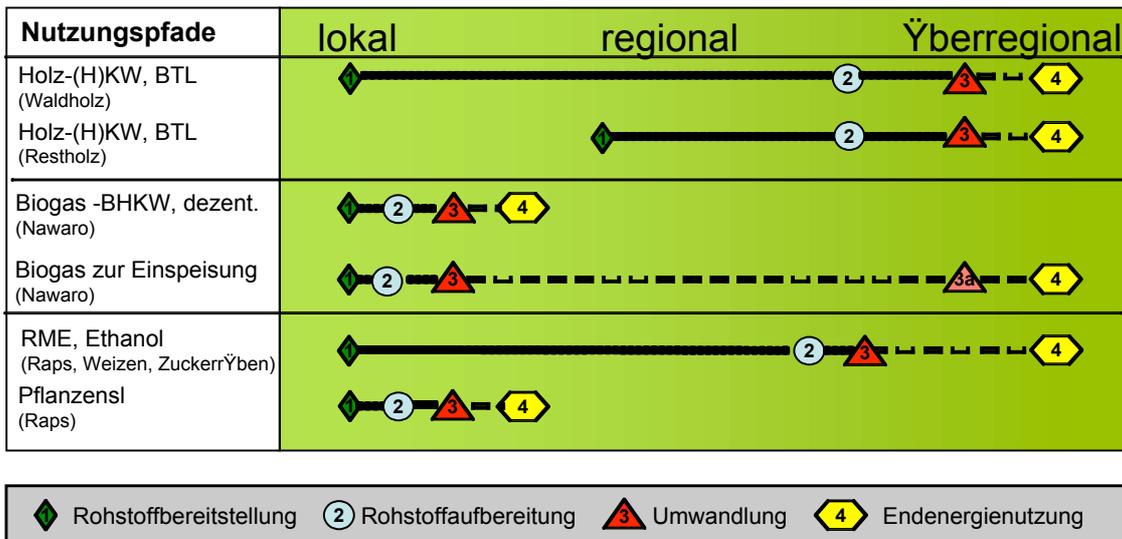


Abb. 1-1. Exemplarische Darstellung der Wertschöpfungsstufen einiger Biomassenutzungspfade. WI/ FZJ 2006

Aus der qualitativen, exemplarischen Darstellung lässt sich ableiten, dass die Bereitstellung des Rohstoffes Biomasse – bis auf die Ausnahme der Nutzung von (Holz-) Reststoffen – in der Regel lokal stattfindet, während die Endenergie vorwiegend auf überregionaler Ebene genutzt wird. Die lokale Nutzung der Endenergie ist nur in wenigen Fällen möglich, unter anderem bei Einsatz einer Holz-Hackschnitzelheizung, der lokalen Biogasnutzung und dem Kraftstoff Pflanzenöl. Gerade die letztgenannte Option verdeutlicht, dass es sich eher um einen Nischenmarkt handelt, der nur einen begrenzten Absatzmarkt bedient. Die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz bietet zusätzlich die Möglichkeit der überregionalen Nutzung der durch Biogas erzeugten Endenergie.

#### Bioenergiedorf Jühnde

In dem Projekt „Das Bioenergiedorf Jühnde“ ist geplant, unter aktiver Beteiligung der Bevölkerung und eines Ingenieurbüros die Strom- und Wärmeversorgung eines Dorfes auf die Basis von Biomasse umzustellen. Hierdurch soll gezeigt werden, dass eine umweltfreundliche Energieversorgung im ländlichen Raum nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich durchführbar ist. Pro Einwohner werden im Durchschnitt 500,- € pro Jahr für Strom und Heizwärme ausgegeben. Dieses Geld fließt aus der Region ab an die internationalen Öl- und Stromkonzerne. Durch die Nutzung regional verfügbarer Energieträger könnten Teile dieses Geldes in der Region bleiben und zur Erhaltung von Arbeitsplätzen vor allem in der Land- und Forstwirtschaft beitragen ([www.bioenergiedorf.info](http://www.bioenergiedorf.info)).

**Wertschöpfungsfelder und Aufbau von Wertschöpfungsketten beim Einsatz erneuerbarer Energien.** Am Beispiel der Windkraftnutzung soll nun gezeigt werden, in welchen Bereichen erneuerbare Energien die regionale Wertschöpfung unterstützen können. Einen Überblick über die ökonomische Gesamtwirkung durch den Bau und Betrieb von Windkraftanlagen auf eine Region geben die in Tab. 1-4 dargestellten möglichen Felder der Wertschöpfung.

Tab. 1-4. Wertschöpfungsfelder durch Windkraft

---

Mögliche Felder der Wertschöpfung durch den Bau und Betrieb von Windkraftanlagen

---

Durch Planung und Produktion vor Ort	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Planer und Projektentwickler</li><li>▪ Betreibergesellschaften</li><li>▪ Hersteller von Rohstoffen</li><li>▪ Zulieferer von Komponenten, Hersteller von Komplettanlagen</li><li>▪ Händler und Dienstleister</li></ul>
In der Investitionsphase	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bauplanung und –überwachung</li><li>▪ Bau von Fundamenten, Wegen, Netzanschluss</li></ul>
Bei der Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Eigenkapital aus der Region (z. B. über Bürgerbeteiligung)</li><li>▪ Fremdfinanzierung über Banken vor Ort</li></ul>
Durch den Anlagenbetrieb	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pachteinnahmen für Kommunen oder Eigentümer vor Ort</li><li>▪ Einnahmen aus der Energieerzeugung (z. B. aus Bürgerwindparks)</li><li>▪ Gewerbesteuern</li><li>▪ Zu versteuernde Gewinne der Eigentümer</li><li>▪ Service- und Wartungsteams vor Ort</li></ul>
Durch den Image-Gewinn	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Besuchergruppen</li></ul>

---

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach Krämer/Seidel 2004.

Windenergienutzung in den Landkreisen Cuxhaven und Stade

In der rund 400.000 Bewohner umfassenden Region waren zum Zeitpunkt einer empirischen Untersuchung (August 2004) 610 Megawatt Windenergieleistung installiert. Die Ergebnisse der Befragung der Betreiber machen deutlich, dass die Region auf vielfältige Weise von dem Anlagenbetrieb profitiert: Knapp die Hälfte der Projektplaner und nahezu alle Betreibergesellschaften sitzen direkt vor Ort, was Arbeitsplätze und Steuereinnahmen schafft. Die Landeigentümer, zu 97 Prozent aus den beiden Landkreisen, erhalten jährlich Pachteinnahmen von rund fünf Millionen Euro. Von den Stromerlösen, schätzungsweise mehr als zwölf Millionen Euro, verbleibt ebenfalls ein Gutteil in Stade und Cuxhaven, da rund die Hälfte aller Windparks über ortsansässige Bürger und Banken finanziert wurde. Die Kommunen profitieren so nicht nur von Steuereinnahmen, sondern auch von den Individualsteuern der Kommanditisten. Die Banken verdienen an der Kreditrückzahlung (Krämer/Seidel, 2004).

Die Beispiele der Landkreise Cuxhaven und Stade konnten zeigen, dass die regionale Wirtschaft in vielen Bereichen stark durch die Windkraft gefördert wurde, beispielsweise

se bei der Wahl der Betreibergesellschaften. In anderen Bereichen wurde noch Raum für eine stärkere Nutzung dieser Möglichkeit festgestellt. Wenn beispielsweise in den Regionen die Etablierung von Dienstleistungsunternehmen gefördert wird, die in der Bau- und Planungsphase Infrastrukturmaßnahmen oder Bauplanung übernehmen, lassen sich erhebliche Teile der Wertschöpfung in der Region halten: Bis zu 90% der Ausgaben in der Investitionsphase (ohne Kosten für die WEA) können durch ein entsprechendes regionales Angebot genutzt werden (Krämer/Seidel 2004).

Um die Wertschöpfung in einer Region tatsächlich zu erhöhen, sollten grundsätzlich folgende Punkte beachtet werden:

- Nutzung der Wettbewerbsvorteile durch Vernetzung der Akteure in der Region (Biehler et al. 2001),
- gezielte Vermarktung regionaler Produkte oder Dienstleistungen (Biehler et al. 2001),
- Verlängerung der Wertschöpfungskette (WSK) in die Region bzw. möglichst viele Kettenglieder in der Region halten (Hahne 2006).

Unter Wertschöpfungskette wird der Weg eines Rohstoffes vom Erzeuger über den Verwerter bzw. Vermarkter bis hin zum Verbraucher betrachtet und die in jeder Stufe erfolgte Wertsteigerung (Mehrwert) berücksichtigt. Die Idee regionaler Wertschöpfungsketten basiert darauf, wesentliche Teile der Veredelung und Weiterverarbeitung von Rohstoffen in der eigenen Region zu sichern, anstatt dies anderen Regionen zu überlassen. Hierdurch soll die Wettbewerbsfähigkeit gestärkt und die regionale Wertschöpfung erhöht werden (Hahne 2006). Wesentliche Voraussetzung hierbei ist die Vernetzung von unterschiedlichen Akteuren bzw. die räumliche Konzentration von Unternehmen, spezialisierten Zulieferern, Dienstleistern, Firmen verwandter Branchen und Institutionen in sogenannten Clustern.

**Nachgewiesene regionalwirtschaftliche Effekte.** Erneuerbare Energien leisten einen positiven Beitrag zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Untersuchungen zu unterschiedlichen REG-Pfaden und deren Auswirkungen auf verschiedene regionalwirtschaftliche Aspekte zeigen diesen Zusammenhang auf und werden im Folgenden synoptisch dargestellt. Bei der Auswahl der Studien sollte eine Breite verschiedener Methoden und Ansätze und unterschiedliche Technologien bzw. Anwendungen der erneuerbaren Energien betrachtet werden.

Der Großteil der Studien beschränkt sich auf die Beschäftigungseffekte durch erneuerbare Energien als ein Teilaspekt regionaler Wertschöpfung. Eine Untersuchung im Auftrag des BMU beschäftigt sich mit den Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den gesamtdeutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels (DIW/DLR//GWS/ZSW 2006). Aus den Untersuchungsergebnissen werden auch regionale Beschäftigungseffekte in den Großregionen Nord-, Süd-, West- und Ostdeutschland abgeleitet.

Eine Szenarienanalyse vergleicht die unterschiedlichen Beschäftigungseffekte eines Trend-Szenarios mit einem auf Energie- und insbesondere Stromeffizienz und den Ausbau erneuerbarer Energien ausgerichteten Szenario für Baden-Württemberg (DLR/ISI/ZSW 2002)

Kranzl richtet den Fokus auf die Beschäftigungseffekte durch die Nutzung von Biomasse für den Raumwärmebereich (Haas, Kranzl 2002). Dabei werden nicht nur die Effekte für verschiedene Technologien quantifiziert; vielmehr liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung der regionalen und sozialen Verteilung der Einkommens- und Beschäftigungseffekte.

Die Studie zur strategischen Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf Basis fester Biomasse in NRW behandelt auch die regionalwirtschaftlichen Auswirkungen der BTL-Produktion (WI/FZJ 2006). Im Vordergrund steht dabei die lokale und regionale Wertschöpfung im Sinne neuer Absatzmärkte für die Land- und Forstwirtschaft.

Anhand von Best-Practice-Beispielen aus den Bereichen Holzenergie, Holzhaus- und Holzmöbelbau stellen Gothe und Hahne dar, wie Cluster-Bildung in Wald- und Holzwirtschaft zum Erhalt von Arbeitsplätzen und zum Aufbau von Kompetenzen in der Region führt (Gothe/ Hahne 2005). Die Berechnung der regionalen Wertschöpfung für die ausgewählten Bereiche nach der Entstehungsrechnung der VGR entlang der Wertschöpfungskette ergab insgesamt eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung um das 9 bis 16-fache gegenüber einem Rohholzverkauf.

Andere Studien berücksichtigen neben den Beschäftigungseffekten auch weitere Dimensionen regionaler Wertschöpfung. In einer Untersuchung zur Bedeutung der Windenergienutzung für die Region Cuxhafen/Stade gehen Krämer/Seidel bspw. auch auf die Teilhaberstruktur und das regionale Eigenkapital als Wertschöpfungsfelder ein (Krämer/ Seidel 2004).

Hoffmann untersucht in ihrer Dissertation die Biomassenutzung und deren Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung in der Beispielregion Naturpark Saar-Hunsrück (Hoffmann 2006). Sie entwickelt eine Methodik zum Vergleich der regional geschaffenen Werte durch verschiedene Bioenergieträger. Die Wertschöpfung wird entlang der Prozesskette betrachtet und umfasst neben ökonomischen Aspekten auch soziale und ökologische Indikatoren zur Abschätzung von z. B. Beschäftigungseffekten. Die Beispielergebnisse der Errichtung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage zeigen, dass sich in der Region ein 4 bis 5-fach höherer Geldzufluss (4,3 Mio. €) aus der Biogasnutzung im Vergleich zur Nullvariante ergibt.

Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Biomassenutzung am Beispiel der Region Südlicher Oberrhein untersucht ein Arbeitspapier im Rahmen des BMU-geförderten Projekts BioRegio (Baur et al. 2007). Auf der Grundlage von Potenzialermittlungen und Szenarioanalysen wurden mit Hilfe von Input-Output-Analysen regionale Wertschöpfungseffekte (v. a. Kosten- und Beschäftigungseffekte) durch die verstärkte Nutzung von Bioenergie ermittelt.

Die räumliche Verortung erneuerbarer Energien vor allem auf lokaler und regionaler Ebene, die am Beispiel der Biomassebereitstellung und –nutzung aufgezeigt wurde, sowie die zahlreichen Wertschöpfungsfelder, die das Beispiel des Windkraftausbaus ergeben hat, machen deutlich, dass erneuerbare Energien die Entwicklung von Regionen positiv beeinflussen können. Die Politikziele regionale Wertschöpfung und REG-Ausbau stehen damit in einem engen positiven Wirkungszusammenhang, wie auch zahlreiche Studien quantitativ belegen.

### **1.2.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Regionale Wertschöpfung kann eine zentrale Motivation für den REG-Ausbau sein. Sie kann auch als – durchaus erwünschter – Nebeneffekt betrachtet werden. Es ist allerdings auch möglich, dass positive Synergieeffekte in der Debatte um REG-Förderinstrumente weitgehend vernachlässigt werden.

**Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland.** Der Ausbau der regenerativen Energien in Deutschland wird in den nächsten Jahren weiter vorangetrieben, nicht zuletzt durch die Vorgaben der Bundesregierung. Zur Unterstützung der Entwicklung der erneuerbaren Energien wurde eine Reihe von Rahmenbedingungen und Instrumenten geschaffen. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) garantiert die vorrangige Abnahme und eine Mindestvergütung für ins öffentliche Netz eingespeisten Strom. Die Biomasseverordnung (BiomasseV) regelt im Rahmen des EEG, welche Stoffe als Biomasse gelten, und definiert technische Verfahren und Umwelanforderungen. Das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien vergibt Zuschüsse und günstige Darlehen für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien mit dem Schwerpunkt Wärme. Zahlreiche weitere Förderprogramme der öffentlichen Hand (ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm, DtA-Umweltprogramm, Förderprogramme der Bundesländer und Kommunen etc.) sorgen für günstige Darlehen und steuerliche Förderung. Zum Teil aktivieren die Förderprogramme zusätzliches privates Kapital (z. B. in Form von Windkraft- und Solarfonds).

**Förderung von Regionen durch die EU.** Auch auf EU-Ebene gibt es zahlreiche Instrumente zur Förderung von Regionen (z. B. LEADER bzw. ELER). Das bedeutet, dass in Landkreisen und Gemeinden weiterer Regionen regenerative Energien installiert werden. Diese Maßnahmen haben auch den Hintergrund, die regionale Wertschöpfung zu steigern. Dies gilt auch für zusätzliche Aktivitäten der Bundesländer wie z. B. die Biomassestrategie des Landes Nordrhein-Westfalen. Maßnahmen zur Stärkung der Regionen sind aber immer im internationalen Kontext zu sehen.

**Internationale Rahmenbedingungen.** Die Produktionsentwicklung der deutschen und europäischen Landwirtschaft wird durch die zentralen Bestimmungen der WTO maßgeblich bestimmt. Sie geben den Rahmen für das Niveau der inländischen Stützung, den Umfang der Exportsubventionen und den Marktzugang vor und verlangen, dass die EU durch Abbau der inländischen Stützung mehr internationalen Wettbewerb auf

dem Binnenmarkt zulässt, weniger agrarische Überschussprodukte mit hohen Subventionen auf den Weltmarkt exportiert und Drittländern einen höheren Mindestmarktzugang ermöglicht. Infolge des Abbaus der Exportmengen und -subventionen von EU-Agrarprodukten und der Gewährung eines höheren Marktzugangs musste eine Flächenstilllegungsverpflichtung eingeführt werden. Dabei war durchaus vorgesehen, auf dieser Fläche nachwachsende Rohstoffe zu produzieren. Im Zuge der Verknappung von Nahrungsmitteln und den daraus resultierenden Preissteigerungen im Agrarsektor ist diese EU-Vorgabe der Flächenstilllegung aber Anfang des Jahres 2008 zurückgenommen worden.

**Förderinstrumente der EU.** Im Rahmen der 2004 erfolgten Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU wird eine Stärkung des ländlichen Raumes gefordert. Dies kann z. B. durch eine verstärkte Nutzung heimischer Bioenergieträger erreicht werden, die prinzipiell geeignet ist, Akteure auf lokaler Ebene an der Wertschöpfung bei der Erschließung und Nutzung dieser Energie teilhaben zu lassen.

Bei der Förderung strukturschwacher Gebiete in der Europäischen Union spielen erneuerbare Energien eine zunehmend wichtigere Rolle. So unterstützt bspw. die Europäische Kommission erneuerbare Energien und Energiesparen bis zum Jahr 2013 mit 2,5 Milliarden Euro aus ihren Fonds zur Förderung von Regionen. Für das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energiequellen bis zum Jahr 2020 auf 20 Prozent des Primärenergieverbrauchs zu steigern, könnten nach Ansicht der Regionalkommissarin Danuta Hübner die Regionalfonds noch stärker eingesetzt werden (Europäisches Informationszentrum Niedersachsen, 3.04.07).

**Regionale Förderung erneuerbarer Energien.** Auch die Förderpolitik der Regionen selbst zielt zunehmend auf Beschäftigungseffekte durch erneuerbare Energien ab. So haben sechs europäische Regionen ein Netzwerk zur Förderung regenerativer Energien gegründet (Renewable Energy Regions Network - RENREN). Die Gründungsmitglieder des Netzwerks sind neben den beiden Initiatoren Schleswig-Holstein und Oberösterreich außerdem Island, die Region Nord-Schweden, Wales sowie Zypern. Die Regionen fördern erneuerbare Energien einerseits, um einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und andererseits, weil ihre Nutzung ein großes Potenzial an zukunftssicheren Arbeitsplätzen, vorrangig in kleinen und mittleren Unternehmen und im ländlichen Raum birgt (IWR, 16.4.07).

Politische Konzepte für die Förderung erneuerbarer Energien im Rahmen einer nachhaltigen Nutzung und mit dem Ziel einer Wertschöpfung in den ländlichen Regionen sollen daher auch verstärkt international entwickelt werden. So fand am 20. und 21. Mai 2007 in Berlin auf Einladung der Vorsitzenden des Ausschusses für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Ulrike Höfken, MdB, die Konferenz der Vorsitzenden der Agrarausschüsse in den EU-Mitgliedsstaaten aus Anlass der deutschen EU-Ratspräsidentschaft statt. Thematische Schwerpunkte der Konferenz waren das Entwicklungspotenzial des ländlichen Raumes sowie die Debatte um erneuerbare Energien (Pressemitteilung Deutscher Bundestag, 25.05.07).

**Rolle der energiepolitischen Regulierung.** Auch durch energiepolitische Regulierung können wichtige Weichenstellungen vorgenommen werden, um die derzeitige Entwicklung des kommunalen bzw. regionalen Ausbaus erneuerbarer Energien verknüpft mit dem Politikziel der ländlichen Entwicklung voranzutreiben. Dazu zählen vor allem (Leprich et.al, 2007):

- Faire Regeln für Netzanschluss und Netzzugang, um Marktzutrittsbarrieren für neue dezentrale Stromerzeuger abzubauen.
- Faire Netznutzungsregeln, deren Voraussetzung die eigentumsrechtliche Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb ist.
- Stärkere Förderung der Systemintegration dezentraler Stromeinspeiser sowie gezielte Standortsignale durch finanzielle Anreize an Netzbetreiber und dezentrale Stromerzeuger.

Ein solcher energiepolitischer Paradigmenwechsel ist notwendig, um die jetzt schon zahlreichen guten Praxisbeispiele zu erhöhen und die engagierten Akteure in den Regionen zu unterstützen. Hennicke und Müller sehen auf der kommunalen Handlungsebene die vielleicht wichtigsten Akteurspotenziale für den Ausbau dezentraler Infrastrukturen (Hennicke/Müller 2006). Die Anreizpolitik durch gesetzlich garantierte Einspeisevergütungen hat erheblich zur lokalen Akteursvielfalt beigetragen. Energiepolitische Entscheidungen können helfen, diesen Akteuren einen weiteren Zutritt zu den Teilmärkten der Stromerzeugung, des dezentralen Netzbetriebs sowie der dezentralen Energieversorgung zu ermöglichen (Leprich et al. 2005).

Positive Wechselwirkungen zwischen den Politikzielen Steigerung der Wertschöpfung in Regionen und REG-Ausbau spielen je nach Politikfeld und in Abhängigkeit von der Ebene der politischen Meinungsbildung unterschiedliche Rollen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in der auf EU-Ebene angesiedelten Struktur- und Regionalpolitik sowie in der Agrarpolitik das Thema erneuerbare Energien zumindest in der Debatte angekommen ist. Allerdings mangelt es mehr noch in der Agrar- als in der Regionalpolitik an geeigneten Instrumenten, die bspw. auf Länder- und kommunaler Ebene speziell auf den REG-Ausbau ausgerichtet sind. Auch wenn zahlreiche auf den REG-Ausbau abzielende Programme und Instrumente auf regionaler und kommunaler Ebene greifen, ist die Regionalförderung kein erklärtes Ziel der bundesdeutschen REG-Förderung, und kann allenfalls als erwünschter Nebeneffekt beschrieben werden. Im Bereich der energiepolitischen Regulierung herrscht eine große Diskrepanz zwischen der Relevanz von regionaler Wertschöpfung und deren politischer Wahrnehmung bzw. Umsetzung.

#### **1.2.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Im Folgenden werden Kräfte und Tendenzen dargestellt, die einer stärkeren Verbindung zwischen regionaler Wertschöpfung und REG entgegen stehen. Dabei wird zu-

erst auf Hemmnisse durch Konkurrenzoptionen eingegangen, um in einem zweiten Schritt die Ergebnisse eines Expertenworkshops zu Hemmnissen und Förderfaktoren der Erzeugung regionalwirtschaftlicher Effekte durch erneuerbare Energien darzustellen.

**Hemmnisse durch Konkurrenzoptionen.** Unter der Prämisse, dass Klimaschutz durch Treibhausgasvermeidung an oberster Stelle beim Ausbau des Energiesektors steht, gibt es verschiedene „konkurrierende“ Optionen zum Einsatz erneuerbarer Energien. Dazu gehören die Steigerung der Energieeffizienz, die Nutzung von Kernenergie als CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugung, sowie die CO<sub>2</sub>-Abtrennung und –Speicherung (*Carbon Capture & Storage*, CCS).

Im Folgenden wird geprüft, welche dieser Optionen eher zu Synergien mit dem Politikziel Förderung regionaler Wertschöpfung führen und welche in Konkurrenz dazu stehen.

Die Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen in Kommunen stellt neben der Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien eine weitere – oftmals kostengünstigere, aber wegen wenig wirksamer Instrumente oder langer Amortisationszeiten häufig vernachlässigte – Option zum Klimaschutz dar. Energieeffizienz ist damit die ideale Ergänzung zu einer geplanten regenerativen Energieversorgung. Wird Energie eingespart oder effizienter genutzt, führt dies dazu, dass weniger Kapazitäten zur Strom- oder Wärmeerzeugung installiert werden müssen bzw. dass prozentual höhere Anteile regenerativer Energie an der Gesamtversorgung erzielt werden.

Eine besondere Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Kraft-Wärme-Kopplung als ein Instrument zur Steigerung der Endenergieausbeute pro eingesetzter Primärenergie. Die KWK-Anwendung ist in vielen Fällen, insbesondere bei der dezentralen Strom- und Wärmeversorgung nicht nur in ökologischer, sondern auch in ökonomischer Hinsicht ein wichtiger Erfolgsfaktor, der aber leider noch nicht immer berücksichtigt wird. So wird z. B. oftmals bei der Planung von Biogasanlagen eine nahegelegene Wärmesenke, welche die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage erhöhen würden, nicht mit einbezogen. Hier besteht noch Optimierungsbedarf. Ähnliches gilt für die sogenannten Bioenergiedörfer, die ihren Energiebedarf, zumeist Wärme und Strom, aus Biomasse decken. Viele Bioenergiedörfer weisen insofern unzureichende Konzepte auf, als dass sich der Wärmebedarf durch umfassende Effizienzmaßnahmen, d. h. Wärmedämmungen, stark reduzieren lässt.

Für die Kernenergie sowie für CCS gilt, dass sie großmaßstäbliche und hochspezialisierte Technologien sind. Aus beiden Gründen erscheint das Potenzial zur lokalen Wertschöpfung eher gering (vergl. auch Abschnitt 1.2.1). Diese Einschätzung wird dadurch bestätigt, dass die relevanten Akteure in beiden Bereichen große Energieversorgungsunternehmen und keine kleinen und mittelständischen Unternehmen sind.

Als Schlussfolgerung lässt sich festhalten, dass die Optionen zur Reduktion von Treibhausgasen und damit zum Klimaschutzbeitrag stark unterschiedliche Potenziale der regionalen Wertschöpfung bieten: Der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien

sowie die Steigerung der Energieeffizienz gehen oftmals Hand in Hand und ergänzen sich. Maßnahmen in beiden Fällen lassen sich auf lokaler bis regionaler Ebene gut umsetzen, indem insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen angesprochen und eingebunden werden.

Dagegen scheinen die großmaßstäblichen und hochspezialisierten Technologien wie Kernenergie und CCS wenig geeignet, um auf lokaler oder regionaler Ebene Akteure an der Wertschöpfung teilhaben zu lassen. Zwar sind auch nicht alle Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien mit dem Dezentralisierungsansatz konform, so lässt z. B. die Windenergie oder die aufkommende BtL-Produktion Elemente einer zentralisierten Energieerzeugung erkennen. Für das Zusammenspiel von regionaler Wertschöpfung und Klimaschutz sind jedoch die erneuerbaren Energieträger unverzichtbar.

### **1.2.5 Workshop „Erneuerbare Energien als Motor für regionale Wertschöpfung“**

Im Jahr 2008 wurde im Projektrahmen ein Workshop zum Thema Regionale Wertschöpfung durchgeführt. Hier werden die Ergebnisse dargestellt.

Regionen profitieren in vielfacher Weise vom Ausbau erneuerbarer Energien: etwa durch die Schaffung von Arbeitsplätzen, die Vermeidung von Budgetabflüssen sowie von Investitionen in regionale Wirtschaftsstrukturen oder durch den Aufbau von technologischem Wissen. Ziel des Workshops war es, zu erfahren, welche Förderfaktoren bisher den Ausbau erneuerbarer Energien auf kommunaler und regionaler Ebene begünstigt haben und welche Hemmnisse diesem Ausbau entgegen stehen. Die Ausgangsfragestellung lautete: Unter welchen Bedingungen können erneuerbare Energien zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung beitragen.

Im ersten Block dienten drei Einführungsvorträge dem Ziel, einen Überblick über das Thema „Beitrag erneuerbarer Energien zur regionalen Wertschöpfung“ zu geben. Das Expertengespräch diente im zweiten Block der Identifikation von guten Praxiserfahrungen und Erfolgsbedingungen. Im dritten Diskussionsblock wurden Prozesse einer sinnvollen Einbindung kommunaler und regionaler Ressourcen und eines nachhaltigen Einsatzes erneuerbarer Energien ermittelt.

Die Einführungsvorträge gaben einen Überblick über das Thema „Beitrag erneuerbarer Energien zur regionalen Wertschöpfung“, indem sie zunächst Energieversorgungsstrukturen mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien aus der Sicht des Umweltbundesamtes vorstellten. Es folgte die Darstellung der Beiträge, die erneuerbare Energien zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung leisten können. Der Vortrag des deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung ging auf Wertschöpfung in Form der Schaffung von Arbeitsplätzen durch erneuerbare Energien ein. Auf die Inhalte wurde durch die teilnehmenden Experten in den Diskussionsblöcken zwei und drei Bezug genommen. Sie werden daher hier nicht ausgeführt, sondern fließen in die Darstellung der Workshopergebnisse der Blöcke zwei und drei ein.

Die Workshopteilnehmer stellten gute Praxisbeispiele für den Einsatz verschiedener erneuerbarer Energien aus unterschiedlichen Regionen vor. Sie sahen folgende Chancen und Grenzen des Einsatzes von erneuerbaren Energien zur Förderung regionaler Wertschöpfung.

Chancen des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Förderung regionaler Wertschöpfung:

**Schaffung von Arbeits- und Ausbildungsplätzen.** In einem Praxisbeispiel wurde auf die Beschäftigungseffekte durch oberflächennahe Geothermie hingewiesen. Seit der Ölpreis über 50 Dollar pro Barrel liegt hat sie den Marktdurchbruch erreicht. Die 5000 vom DIW prognostizierten Arbeitsplätze werden überschritten werden. Zu den Branchen, die profitieren, gehört vor allem die Pumpentechnik, die man bereits aus der Bergbautechnologie kennt. Erhebliche Wertschöpfung in Form von Arbeitsplätzen erreicht die Firma Enercon mit Windkraft in Ostfriesland; weltweit hat sie 9.000 Mitarbeiter, in Aurich sind es 2.500. Enercon hat eine Exportquote von 53%, der Export in 53 Länder erfolgt über den Seehafen Emden. Der Umschlag von Windenergieanlagen im Emdener Hafen ist zwischen 1998 und 2007 stark gestiegen.

**Gewerbesteuereinnahmen.** Die regionale Windbranche in Ostfriesland ist jedoch nicht nur eine Wachstumsbranche mit deutlichen Beschäftigungseffekten, sondern auch mit beträchtlichen Steuereinnahmen. Die Region profitiert vor allem von den Gewerbesteuern: Über die rund 20-jährige Laufzeit einer WEA werden im Schnitt insgesamt 100.000 € Gewerbesteuer je MW installierter Leistung an die Gemeinden abgeführt. Für Norddeutschland ergibt sich durchschnittlich eine Gewerbesteuerzahlung von ca. 5.150 € je MW und Jahr. Insgesamt summierten sich 2004 die Gewerbesteuererinnahmen auf ca. 15 Mio. €. Davon entfallen auf Niedersachsen 7,8 Mio. €, auf Schleswig-Holstein 5,8 Mio. € und auf Mecklenburg-Vorpommern 1,6 Mio. €. Die Gewerbesteuererinnahmen entsprechen ca. 0,1% aller Gewerbesteuererinnahmen der norddeutschen Kommunen. Ein Teilnehmer, der von Erfahrungen aus der Uckermark berichtete, erhob den Einwand, dass die Kommunen nicht von den Gewerbesteuererinnahmen profitieren, wenn sie stark verschuldet sind.

**Schaffung und Stärkung regionaler Wirtschaftsstrukturen.** Ein Teilnehmer wies darauf hin, dass Großkonzerne oftmals regionale Aktivitäten blockieren. Im Gegensatz dazu fördere die Nutzung endogener Potenziale in Form lokal vorhandener erneuerbarer Energien die Schaffung regionaler Werte und Wirtschaftsstrukturen.

Das Beispiel der Energielandschaft Morbach untermauert diese These. So profitieren Morbach und die umliegenden Dörfer vom Einsatz erneuerbarer Energien nicht nur während der Planung und Produktion vor Ort (u. a. Planer, Zulieferer, Hersteller, Händler, Dienstleister), sondern auch in der Investitionsphase (u. a. Bauplanung- und Überwachung), bei der Finanzierung (z. B. Eigenkapital aus der Region und Fremdkapital über lokale Banken) und vom Betrieb der installierten Anlagen (z. B. Pachteinnahmen, Gewerbesteuern) sowie vom Image-Gewinn durch viele Besuchergruppen.

**Vermiedene Budgetabflüsse.** Kostenersparnis durch vermiedene Budgetabflüsse für fossile Energieträger spielt mit steigenden Energiepreisen eine immer größere Rolle, um die Akzeptanz erneuerbarer Energien zu verbessern. Ein Teilnehmer kommentierte diesen Aspekt mit den Worten: „Wir argumentieren nur noch ökonomisch, nicht mehr ökologisch.“ So fließen im Bioenergiedorf Mauenheim die Energiekosten in eine regionale Kreislaufwirtschaft und binden Kaufkraft vor Ort. Bisher bezogen die Mauenheimer Bürger pro Jahr über 300.000 Liter Heizöl, das entspricht einem Energiekostenabfluss von rund 200.000 Euro jährlich (Stand 2006) bzw. von 4-6 Millionen Euro in 20 Jahren. Die Wärme kostet 4,9 Cent je Kilowattstunde und ist lediglich mit einem Inflationsaufschlag von 2,5 Prozent pro Jahr versehen.

Grenzen des Einsatzes erneuerbarer Energien zur Förderung regionaler Wertschöpfung sah die Expertenrunde in den folgenden anhand der Praxisbeispiele identifizierten Aspekte:

**Effizienzverluste durch Inseldendenken.** Der Vertreter des Umweltbundesamtes wies in seinem Einführungsvortrag darauf hin, dass es nötig sei, zuerst eine (nationale) Gesamtlösung zu entwickeln und dieser nicht (regionale oder lokale) Einzellösungen voran zu stellen. Das Streben nach einer autarken Energieversorgung könne unter Umständen sehr teuer werden und sei daher nicht in jedem Fall sinnvoll. Eine bessere Strategie für Kommunen sei die Erlangung größerer Autonomie statt Autarkie, erläuterte ein Teilnehmer.

Ein weiterer Teilnehmer wies auf den Aspekt, dass die zu starke Konzentration auf regionale Wirtschaftskreisläufe eine Beschneidung von Marktprozessen darstellen und dadurch zu Wohlfahrts- und Effizienzverlusten führen könne.

Dass es auch darauf ankomme, welches Signal top-down, also von der Politik, gegeben wird, wurde in diesem Zusammenhang deutlich gemacht. Verinselungsdenken solle nicht gefördert werden. Stattdessen müsse die Frage gestellt werden, wo die besten Kosteneinsparungseffekte liegen. Das Leitszenario des BMU könne diese Frage nicht beantworten. Es wurde angeregt, ein Abwägungsszenario zu erstellen.

**Politische Abhängigkeit.** Auf Kosten, die durch die Subventionierung noch nicht marktreifer Technologien entstehen, wurde am Beispiel der Geothermie hingewiesen. Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie sei die Tiefengeothermie auf die Unterstützung durch das EEG und das Wärme-EEG angewiesen. Generell mache die Notwendigkeit der Subventionierung aus erneuerbaren Energien politisch abhängige Produkte.

**Erneuerbare Energien und Energieeffizienz.** Auf eine weitere Grenze wurde durch ein Beispiel aus der Energielandschaft Morbach aufmerksam gemacht. Dort flossen 70 % der Gelder eines Förderprogramms in photovoltaische Anlagen. Es wurde kritisch angemerkt, dass der Einsatz dieser vergleichsweise teuren Technologie ohne Gebäudeeffizienz wenig Sinn mache.

**Zentralisierungstendenzen bei erneuerbaren Energien.** Nicht jede EE-Technologie trägt in gleicher Weise zur Schaffung regionaler Werte bei. So lassen z. B. die Windenergie oder die aufkommende Produktion von Biomass-to-Liquid Elemente einer zentralisierten Energieerzeugung erkennen, wie das Beispiel von BtL in Sachsen zeigte. Dargelegt wurde, dass Forschung und Entwicklung im Bereich der Gewinnung von BtL-Kraftstoffen für Sachsen eine hohe Bedeutung hat. Der Raum Freiberg ist ein Kompetenzzentrum für Photovoltaik und synthetische Kraftstoffe. Dadurch entstehen in der Region hochwertige Arbeitsplätze. Durch die getätigten Investitionen werden Multiplikatoreffekte ausgelöst, d. h. Arbeitsplätze entstehen auch durch Errichtung und Betrieb der Anlagen – aber nur zu einem geringen Teil in der Region. Die Arbeitsplatz- und Wertschöpfungseffekte in Land- und Forstwirtschaft sind begrenzt und werden möglicherweise dauerhaft subventioniert. Darüber hinaus sei es notwendig, dass ein nachhaltiges Regionalmanagement Nutzungskonkurrenzen beachtet, d. h. die alternative Verwendung von Böden bzw. von Biomasse. Dies werde umso wichtiger, wenn durch die Reform der EU-Agrarpolitik Stilllegungsflächen künftig irrelevant werden. BtL-Technologie sei vor allem eine Exporttechnologie. Dadurch entstünden Wertschöpfung und Arbeitsplätze vor allem in F&E sowie im Anlagenbau.

**Die mangelnde Initiative der Stadtwerke.** Ein Teilnehmer bemerkte, dass die Umsetzung regionaler erneuerbarer-Energien-Projekte, z. B. durch das Bürgerunternehmen Solarcomplex am westlichen Bodensee, eigentlich die Aufgabe der Stadtwerke sei. Bürgerschaftliches Engagement allein könne kein regeneratives Stadtwerk ersetzen.

**Wahrnehmung regionaler erneuerbarer-Energien-Projekte.** Abschließend wurde als weiteres Hemmnis bzw. als ein Manko der Dezentralität genannt, dass regionale Initiativen weniger wahrgenommen werden als überregionale oder bundesweite.

Förderfaktoren und Hemmnisse sind von Region zu Region verschieden. Tab. 1-5 fasst die von den Teilnehmern anhand der Praxisbeispiele identifizierten wichtigsten Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure zusammen.

Tab. 1-5. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen

Praxisbeispiel	Förderfaktor	Hemmnis	Akteur
Bioenergiedorf Wolpertshausen	Idealisten und umweltorientierte Investoren	Gemeinde	Wolpertshausener Bürger
Westlicher Bodensee	Verankerung in der Region, Kontinuität und wirtschaftlicher Erfolg	„Trägheit des menschlichen Denkens“	Kommunale Akteure
Ostfriesland	Zielorientierung (Netzwerk)	Emotion	Kommunale/regionale Akteure in Netzwerken

MetropolSolar Rhein-Neckar	Engagierte Akteure	Städtische Gebiete von Konzernstrukturen durchsetzt	Kommunale Akteure
Uckermark	Ökonomische Wirkung: Geld, das in der Region verbleibt	Negative Emotionen gegenüber dem Westen	Glaubwürdige einheimische Politiker, wirtschaftliche Akteure
Morbacher Energielandschaft	Beteiligung von Bürgern und Landwirten (als Anlieferer) Wirtschaftliche Aspekte und Integration von Bürgern, Universitäten	Mangelndes Bewusstsein	IZES, Morbacher Bürger

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

### 1.2.6 Weitere Ergebnisse des Workshops: Ansätze und Kooperationen für ein regionales Ressourcenmanagement

**Rolle der Finanzierung.** Europäische Förderprogramme wie LEADER (Verbindung zwischen Aktionen zur Entwicklung der ländlichen Wirtschaft), seit 2007 Teil des ELER (Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums) fördern u. a. Maßnahmen im Bereich der erneuerbaren Energien. Das BMELV-Programm Regionen Aktiv – Land gestaltet Zukunft förderte vor allem den Aufbau von Wertschöpfungsketten im Bereich regenerativer Energieträger. Ein Teilnehmer berichtete, dass angelaufene Aktivitäten in zwei Modellregionen abbrechen, nachdem die Förderung auslief. Für andere Regionen wurde eine Anschlussfinanzierung gesucht, mit deren Hilfe die Projekte fortgeführt werden konnten. Es wurde unterstrichen, dass auf jeden Fall Förderbrüche vermieden werden sollten.

**Rolle von Netzwerken.** Auch der erfolgreiche Aufbau und Erhalt von Netzwerken geschieht nur unter bestimmten Bedingungen, wie eine vorgestellte Untersuchung von erneuerbaren-Energien-Netzwerken in Rheinland-Pfalz ergab (siehe Tab. 1-6). Zu den Hauptmerkmalen der untersuchten Netzwerke zählten eine formalisierte Struktur (eingetragene Vereine), ein aktiver Kreis von 3-6 Personen, die Verbindung von ehrenamtlichem Engagement und Erwerbsarbeit, geringe Ausstattung an Fördermitteln sowie die räumliche Nähe der Akteure. Netzwerke sind jedoch kein Erfolgsgarant.

Tab. 1-6. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen

Fördernde Faktoren	Hemmende Faktoren
Ein gemeinsames Ziel	Kein gemeinsamer Nenner, d. h. kein gemeinsames Problembewusstsein
Konfliktarme und konsensfähige Themenbe-	Fehlende Verantwortlichkeiten

reiche	
Positivsummenspiel: gleich großer Nutzen für alle Beteiligten	Mangelnder Informationsfluss
Klare Strukturen, d. h. klare Zuständigkeiten und eine verbindliche Arbeitsteilung	Konkurrenzorgen
Guter Informationsfluss	Keine ausreichenden Personalressourcen
Offenlegung der jeweiligen Eigeninteressen	Persönliche Spannungen
Ausreichende Finanzressourcen	Keine Überzeugungstäter; kein Netzwerkmotor vorhanden
Ausreichende Personalressourcen	Zahl der Teilnehmer zu groß
Persönliche Kontakte und Sympathie	Vertrauen kann nicht aufgebaut werden
Gute Öffentlichkeitsarbeit	Netzwerkaufbau braucht Zeit
Ein gemeinsames Grundverständnis für das jeweilige Arbeitsfeld	Formale Einschränkungen
Institutionelle Unterstützung der Zusammenarbeit	Fehlende (Zwischen-)Resümees und Erfolge
Benennung fester AnsprechpartnerInnen	Mangelnde Regelung von Machtverteilung
Ausgeglichene Machtbalance, keine Angst vor Machtverlust	Unklare Entscheidungsgrundlage
Netzwerkgröße mit face-to-face Interaktion für alle Beteiligten	Hoher Kommunikationsaufwand
Vorhandensein persönlicher Kompetenzen	Terminfindungsprobleme
Konkreter Anlass, konkretes Projekt	Nicht alle Akteure sind eingebunden

Quelle: Kratz (2007)

**Rolle der Stadtwerke.** Stadtwerke wurden als Schlüsselakteure für eine regionale Energieversorgung auf regenerativer Basis identifiziert. Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass es die Rolle der Stadtwerke sein solle, eine regenerative Energieversorgung zu gewährleisten. Dies macht die hohe Erwartungshaltung gegenüber den Stadtwerken deutlich. Eine regenerative Energieversorgung würde allerdings in Deutschland nur von sehr wenigen Stadtwerken angegangen. Hier seien mutigere Entscheidungen wie bspw. im Fall der Stadtwerke Emden gefragt.

**Rolle von Managementkonzepten.** Ein Teilnehmer wies darauf hin, dass der Aufbau von Wertschöpfungsketten im Bereich erneuerbarer Energien lediglich eine Frage unternehmerischer Umsetzung sei. Er machte deutlich, dass der Aufbau von Wertschöpfungsketten kein Regionalmanagement ersetzt. Nach Ansicht eines anderen Teilneh-

mers ist auch ein regionales Energiemanagement nicht genug. Auch andere Ressourcen müssen miteinbezogen werden, betonte er. So ist z. B. das Management von Böden und Wasserressourcen eine Grundvoraussetzung für wirksamen Klimaschutz.

**Übertragbarkeit.** Die regionalen Gegebenheiten sind sehr unterschiedlich, so dass Erfolgsrezepte aus einer Region nicht ohne weiteres auf andere übertragen werden können. Ein Teilnehmer brachte seine Ernüchterung zum Ausdruck und stellte fest, dass einer Übertragbarkeit von guten Praxisbeispielen doch deutliche Grenzen gesetzt seien.

Der Workshop trug dazu bei, die Ausgangsfragestellung, unter welchen Bedingungen erneuerbare Energien zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung beitragen können, differenziert zu beantworten. Dabei machen die Workshopergebnisse vor allem deutlich, dass die technischen Voraussetzungen zum größten Teil vorhanden sind. Zwar lassen sich durchaus regionenübergreifende Förder- und Hemmnisfaktoren identifizieren, die durch politische Rahmenbedingungen beeinflusst werden können (z. B. durch eine differenzierte und Planungssicherheit gebende Subventionierung erneuerbarer Energien). Jedoch müssen auch die unterschiedlichen regionalen Gegebenheiten besonders berücksichtigt und daher Regionen im Rahmen integrierter Ansätze auch individuell und ohne Förderbrüche unterstützt werden. Auch wenn die Übertragbarkeit guter Praxisbeispiele von einer Region auf andere begrenzt ist, tragen sie dennoch zur Bewusstseinsbildung und zu größerer Akzeptanz erneuerbarer Energien bei. Sie sind Ideengeber für schwierige Fragen im Umsetzungsprozess erneuerbarer Energien-Projekte. Dabei spielt vor allem das bürgerschaftliche Engagement – angefangen bei Solarinitiativen, über Bioenergiedörfer bis hin zu ambitionierten Ausbauzielen für erneuerbare Energien für ganze Regionen (100%-Regionen bzw. Nullemissionskonzepte) – eine entscheidende Rolle und stellt damit den größten Diffusionsfaktor dar. Aber auch kommerzielle Akteure, darunter Landwirte, die Biogasanlagen betreiben, mittelständische Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien, bis hin zu Stadtwerken, die im Zuge der Liberalisierung des Strommarktes ein größeres Interesse an der Eigenerzeugung auch auf der Basis regenerativer Quellen entwickelt haben, sind Teil des differenzierten Akteursspektrums, das den Ausbau erneuerbarer Energien mit regionalwirtschaftlichen Vorteilen verbindet.

### **1.2.7 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Die positiven regionalwirtschaftlichen Effekte der Nutzung erneuerbarer Energien werden vor allem durch ein gezieltes Regional- und/oder Wertschöpfungskettenmanagement erreicht, das auf günstige Rahmenbedingungen und geeignete Förderinstrumente angewiesen ist. Dabei muss ein differenziertes Akteursspektrum kontinuierlich unterstützt werden, denn die Diffusion erneuerbarer Energien erfolgt sowohl durch bürgerschaftliches Engagement als auch durch landwirtschaftliche Betriebe sowie mittelständische und kommunale Unternehmen.

Auf EU-Ebene und in den Politikfeldern Regional- und Agrarpolitik sind Förderinstrumentarien zur Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten längst etabliert. Auf bundesdeutscher Ebene mangelt es vor allem an energiepolitischen Instrumenten, die Synergien zur regionalwirtschaftlichen Entwicklung fördern könnten. Zwar trägt das EEG viel zur Planungssicherheit bei erneuerbaren Energieprojekten bei, aber weitere Weichenstellungen durch die Politik in Form fairer Regeln im Bereich der Netznutzung und einer besserer Förderung der Systemintegration dezentral erzeugter Energie sind wichtige Voraussetzungen auch für positive regionalwirtschaftliche Effekte. Der Mangel an geeigneten Instrumenten betrifft allerdings nicht nur die erneuerbaren Energien, sondern auch die Energieeffizienz.

### **1.2.8 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte**

Erneuerbare Energien können einen wesentlichen Beitrag zur Schaffung lokaler und regionaler Wertschöpfung in unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen leisten. Sie tragen vor allem zur Schaffung von Arbeitsplätzen bei, stärken durch Steuereinnahmen kommunale Haushalte und halten zum Beispiel durch geringere Heizkosten gegenüber fossilen Alternativen Kaufkraft in der Region. Die Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien ist dabei von ungleich größerer Relevanz als die Kraftstofferzeugung. Zahlreiche Beispiele guter Erfahrungen in Regionen und Kommunen, aber auch quantitative Studien belegen den positiven Wirkungszusammenhang zwischen dem REG- Ausbau und der Schaffung regionaler Wertschöpfung.

## **1.3 Geschlechtergerechtigkeit im Süden**

Die Art und Weise der Energieversorgung und des Energieverbrauchs haben unterschiedliche Auswirkungen auf Männer und Frauen. Der Begriff Gender bezieht sich auf sozial konstruierte Rollen, d. h. von Kind auf gelernte und von der jeweiligen Gesellschaft definierte Rollen von Männern und Frauen. Diese Geschlechterrollen bringen unterschiedliche Verantwortlichkeiten und Bedürfnisse sowie Möglichkeiten und Beschränkungen auch im Hinblick auf den Ausbau erneuerbarer Energien mit sich.

### **1.3.1 Begriffsdefinition Geschlechtergerechtigkeit**

Geschlechtergerechtigkeit bedeutet Chancengleichheit für Männer und Frauen (Pinl 2002). Gender Mainstreaming steht für die systematische Berücksichtigung der Interessen und Lebenswirklichkeiten von Frauen und Männern in allen Politik- und Verwaltungsbereichen. Damit geht das Gender-Mainstreaming-Konzept über die Gleichstellungspolitik hinaus und verankert die Gleichstellung von Frauen und Männern als Querschnittsaufgabe in allen Politikbereichen (Dröge 2002).

### 1.3.2 Hypothesenbildung und Analyse

**Hypothese:** Erneuerbare Energien können einen Beitrag zu größerer Chancengleichheit zwischen den Geschlechtern leisten. Das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit kann umgekehrt als treibende Kraft für REG wirken. Daher stehen REG und Geschlechtergerechtigkeit in einem positiven Wirkungszusammenhang.

Diese Hypothese wird im Folgenden analysiert, indem (a) relevante Dimensionen und Themenfelder im Bereich Energie und Gender, (b) genderspezifische Lösungen durch erneuerbare Energien und (c) quantitative Belege für den positiven Wirkungszusammenhang zwischen verbesserter Chancengleichheit der Geschlechter und dem Ausbau erneuerbarer Energien dargestellt werden.

**Dimensionen und Themenfelder.** Etwa zwei Milliarden Menschen hängen weltweit von traditioneller Biomasse als Energiequelle ab. In erster Linie sind dies die einkommensschwachen Bevölkerungsgruppen. 1,3 Milliarden Menschen leben weltweit in Armut, 70% von ihnen sind Frauen. Frauen sind unverhältnismäßig stärker durch den fehlenden Zugang zu modernen Energieformen belastet. Bereitstellung und Nutzung von Energie aus traditioneller Biomasse – wie Feuerholz, Holzkohle und landwirtschaftliche Abfälle – ist „reine Frauensache“. Frauen und Mädchen verbringen beispielsweise mehrere Stunden täglich mit dem Sammeln von Brennholz. Frauen in ländlichen Haushalten widmen etwa 25 Prozent oder mehr ihrer gesamten Hausarbeit dem Sammeln von Holz (Karlsson, Clancy 2004). Sie verarbeiten Grundnahrungsmittel manuell, bevor sie gekocht werden können. Schätzungsweise 1,6 Millionen Menschen sterben jährlich durch Atemwegserkrankungen, weil sie Rauch in Innenräumen einatmen (WHO 2002). Das macht den sogenannten „kitchen killer“ zum zweitgrößten umweltbedingten Gesundheitsrisiko nach unsauberem Wasser und mangelnder Hygiene. Für Haushaltsenergie muss im Süden durchschnittlich 20% des Haushaltseinkommens ausgegeben werden. Zum Vergleich: im industrialisierten Norden sind es 2 bis 5%. Der fehlende Zugang zu modernen Energieformen ist wie oben dargelegt mit körperlichem und zeitlichem Aufwand, gesundheitlichen Risiken und hohen Kosten insbesondere für Frauen verbunden.

Die Geschlechteraspekte im Energiebereich im Norden unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von denen im Süden. Gemeinsamkeiten bestehen aber zum Beispiel bezüglich des geringen Anteils von Frauen in energie- und klimaschutzrelevanten Arbeitsbereichen und den entsprechenden Entscheidungspositionen. Der Anteil der Frauen im mittleren Management der Energieindustrie liegt in Deutschland bei nur vier Prozent, in den oberen Positionen sogar unter ein Prozent (Röhr 2001). Die nördliche Gender-Perspektive richtet das Augenmerk darauf, dass zwar Frauen einen größeren Anteil an bezahlter Arbeitskraft haben, aber weiterhin die Verantwortung für Haushaltsaufgaben und Kinderbetreuung tragen, was sie zu Hauptnutzern von Haushaltsenergie macht. Im Norden leben mehr Frauen als Männer unterhalb der Armutsgrenze und sind von Energiearmut in kühlen Klimazonen betroffen. Genderaspekte im Energiebereich lassen sich daher auf verschiedenen Ebenen identifizieren: auf der Ebene der Beschäfti-

gung mit einem sehr geringem Anteil von Frauen in Entscheidungspositionen, auf der Ebene der Risikowahrnehmung und der Energieproduktion, aber auch bei den Einstellungen und Verhaltensweisen bezüglich Energienutzung. Nicht zu vernachlässigen sind Geschlechterunterschiede bei den Wirkungen finanzieller Steuerungsinstrumente wie der Ökosteuer oder der Förderung erneuerbarer Energien (Röhr 2001). Ökonomische Steuerungsmaßnahmen treffen Frauen wegen ihres oftmals geringeren Einkommens ungleich härter.

Energiepolitische Maßnahmen und Instrumente, die zu nachhaltiger Entwicklung und zur Armutsbekämpfung beitragen sollen, müssen einen ganzheitlichen Ansatz wählen. Dazu zählt als Analysetool die Durchführung von Gender-Analysen. Sie helfen zu verstehen, wie sich energiepolitische Maßnahmen in unterschiedlicher Weise auf Männer und Frauen gerade in ärmeren Bevölkerungsschichten auswirken. Darüber hinaus helfen sie, die unterschiedlichen Energiebedürfnisse und den Kontext, in dem die erneuerbaren-Energien-Technologien eingesetzt werden, zu verstehen. Auf diese Weise können geeignete politische Antworten gefunden werden.

**Genderspezifische Lösungen durch REG.** Die Verbreitung bzw. der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien erfordert u. a. auch eine Genderperspektive auf Energieerzeugung und -verbrauch (Clancy, Oparochoa, Roehr 2006). Je breiter die Bedürfnisse unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen bei der Planung berücksichtigt werden, desto höher ist beispielsweise die Akzeptanz in der Bevölkerung. Daher ist es auch für den Erfolg von Maßnahmen und Projekten im Bereich der erneuerbaren Energien wichtig, auf die Energiebedürfnisse von Frauen einzugehen. Diese lassen sich in konsumtive, produktive und strategische Bedürfnisse einteilen (siehe Tab. 1-7). Erneuerbare Energien bieten genderspezifische Lösungen für diese Bedürfnisse.

Tab. 1-7. Beispiele für Energiebedürfnisse von Frauen

Energieform	Bedürfnisse von Frauen und frauenspezifische Themenfelder		
	Praktische Bedürfnisse	Produktive Bedürfnisse	Strategische Bedürfnisse
Elektrizität	Pumpen von Wasser – weniger Arbeits- und Transportaufwand Mühlen zum Mahlen von Getreide etc. Beleuchtung zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen im Haus	Mehr Zeit verfügbar für Aktivitäten in den Abendstunden Möglichkeiten zur Kühlung und Konservierung von Lebensmittelprodukten Strom für kleine Unternehmen (z.B. Friseurladen, Internetcafés)	Mehr Sicherheit auf Straßen durch Beleuchtung, dadurch mehr Abendaktivitäten möglich (z.B. Abendschule; Treffen von Frauengruppen) „Erweiterter Horizont“ durch Anschluss Kommunikationstechnologien (Radio, TV und Internet)
Verbesserte Biomassennutzung	Verbesserte Gesundheitsbedingungen durch effiziente Öfen Weniger Zeitaufwand für Feuerholzsammeln und Transport	Mehr Zeit für sonstige produktive Arbeiten Geringere Kosten für die Prozesswärme in Produktionsprozessen	Kontrolle der natürlichen Wälder mittels Forstmanagement in kommunalen Wäldern

Mechanische Energie	Mahlen und Zerreiben Transport von Wasser und Erntegut	Erhöhung der Optionen für Betriebsgründungen	Transport ermöglicht Teilnahme an sozialen, politischen Aktivitäten und verbesserten Zugang zu Konsumgütern
---------------------	---	--	---

Quelle: Clancy, Skutch, Batchelor 2003, frei übersetzt.

**Energie zum Kochen.** Effiziente Öfen benötigen weniger Feuerholz oder Dung als offene Feuerstellen. Sie produzieren weniger Rauch oder verfügen über Kamine. Auch der Einsatz alternativer Brennstoffe sorgt für eine geringere Luftverschmutzung von Innenräumen. Statt offener Feuerstellen können LPG, Biogas oder andere Biokraftstoffe wie Ethanol oder Biodiesel, Biomassebriketts oder Kerosin eingesetzt werden. Der Gebrauch von solarthermischen Kochern und solaren Heißwasserbereitern reduziert den Einsatz offenen Feuers.

**Energie für Kleinunternehmen.** Frauen verrichten weltweit über 62% der unbezahlten Arbeit und erzeugen in Entwicklungsländern bis zu 80% der Grundnahrungsmittel. Die Schaffung von Einkommensmöglichkeiten ist ein wesentlicher Schritt heraus aus der Armut. Doch Frauen haben oft nicht denselben Zugang zu Ausbildung, Dienstleistungen, zu materieller und finanzieller Ausstattung wie Männer. Frauen brauchen vor allem Einkommen schaffende Aktivitäten, die mit ihren Aufgaben im reproduktiven Bereich vereinbar sind.

Beispiel „PV Pump Project“ (Brasilien)

Das „PV Pump Project“ wurde im „Mamiraua Sustainable Development Reserve“ vom „Institute for Sustainable Development“ und dem Winrock Institut implementiert. Die dortigen Kleinbauern sind von schwankender Wasserzufuhr betroffen. Insgesamt 5 PV-betriebene Wasserpumpen wurden unter Berücksichtigung der Bedingungen vor Ort installiert. Während der dreimonatigen Trockenzeit müssen die Frauen und Kinder normalerweise stundenlange Fußmärsche überwinden, um Wasser zu holen und in schweren Eimern nach Hause tragen. Die PV-Pumpen pumpen das Wasser in ein erhöhtes Reservoir, von dem es dann (durch Schwerkraft) an die einzelnen Haushalte verteilt werden kann. Neben der Erleichterung der schweren Arbeit für die Frauen wurden außerdem die Wirtschaftlichkeit sowie die Gesundheits- und Lebensbedingungen verbessert.

Beispiel „Women in Energy and Water Management“ (Nepal)

Orientiert an den Bedürfnissen der Frauen vor Ort wurden in einem 2-Jahresprojekt in zwei nepalesischen Ortschaften (Palpa und Dhankuta) einfache und günstige Technologien zur Wasser- und Energiebereitstellung implementiert (Solarkocher, Bewässerungsanlagen, Abwassersysteme, Solare Trockner, ein Gewächshaus, moderne Toiletten sowie Bienenzuchtanlagen). Zwanzig Frauen bekamen ein technisches Training, mit welchem sie weitere 200 Frauen in die technischen und institutionellen Aspekte einweisen konnten sowie in die Möglichkeiten wirtschaftlicher Nutzung. Die Kosten für die Technik werden größtenteils von den Nutzern getragen, was die Motivation und

Nutzung erhöht. Ein „revolving fund“ garantiert die Anschaffungskosten für Investitionen und Wartungsarbeiten über das Projektende hinaus. Anfangs war es schwierig v. a. die männliche Bevölkerung zu überzeugen, dass dieses „Frauenprojekt“ auch der gesamten Bevölkerung zugute kommt und es zu akzeptieren. Das Projekt, das von 2002 – 2004 lief, von CRT/Nepal durchgeführt und von ICIMOD + UNEP gefördert wurde, hat zu einer nachhaltigen Verbesserung der Lebenssituation der Frauen sowie der gesamten Dorfgemeinschaften geführt. Quelle: PREP – 2nd issue Water and Energy; www.wisions.net

**Frauen als Energieunternehmerinnen.** Die Liberalisierung vieler Energiemärkte hat neue Möglichkeiten für die Bereitstellung von Dienstleistungen auf der Basis regenerativer Energien eröffnet. Vielerorts sind ländliche Energiedienstleistungsbetriebe (RES-COs) entstanden und stellen eine Einkommensquelle auch für Frauen dar. Es gibt zahlreiche Beispiele für von Frauen geführte Energieunternehmen, in denen Frauen Energieausrüstungsgegenstände herstellen oder energieproduzierende Wirtschaftsgüter kontrollieren.

Beispiel „Mujeres Activas“ (Mexiko)

In Sonora in Mexiko suchte eine Gruppe von „Mujeres Activas“ (Aktiven Frauen), die aus sehr armen Bevölkerungsschichten stammen, nach einer Möglichkeit, Kleinunternehmen für ihren Lebensunterhalt zu gründen. Privat hatten sie bereits Solaröfen genutzt. Mit Unterstützung einer NRG konnten sie größere Solaröfen bauen und damit Bäckereiprodukte herstellen und mit Gewinn verkaufen, so dass sie z. B. die Kleidung und das Schulgeld für ihre Kinder hiervon bezahlen können (Stone, 1998, cited in Celski, 2000).

Benutzen sie selbst regenerativ betriebene Geräte, können sie sich besser auf Kundenwünsche einstellen und die Produkte wiederum besser bei Frauen verkaufen (Dutta 2005). Frauen gelten im Allgemeinen als kreditwürdig. 1996 waren 94% der Grameen Bank-Schuldner Frauen, mit einer Rückzahlungsrate von 98%.

**Quantitative Belege.** Erste empirische Untersuchungen zeigen trotz unzureichender Datenlage die Relevanz von Gender-Aspekten in der Energiepolitik und bei der Umsetzung von Energieprojekten und –programmen. Einen Überblick über unterschiedliche Studien und deren Ergebnisse gibt Dutta (2005).

Es gibt empirische Belege dafür, dass die Bereitstellung moderner Energieformen bei bestimmten Tätigkeiten schwere körperliche Anstrengung reduziert und Zeit einspart – zwischen einer und vier Stunden täglich beim Kochen, Sammeln von Brennholz und bei der Verarbeitung von Lebensmitteln (Dutta 2005). Eine positive Korrelation besteht zwischen dem Zugang zu Elektrizität und eingesparter Zeit beim Brennholz sammeln, auch wenn dies anderen Faktoren zugeschrieben werden kann, denn Elektrizität wird nicht zum Kochen verwendet. Es gibt nur wenige quantitative Daten darüber, wie Frauen die eingesparte Zeit einsetzen. Die meisten Daten sind anekdotisch und weisen darauf hin, dass der Umstand, mehr Zeit zur Verfügung zu haben, mehr Flexibilität

in die tägliche Arbeit bringt. Nur wenige Frauen nutzen diese Zeit zum Ausruhen. Die meisten investieren sie für zusätzliche Beschäftigungen rund ums Haus wie Sähen, Handarbeiten etc. In welcher Höhe dadurch das Haushaltseinkommen gesteigert werden konnte, wurde nicht untersucht.

Frauen setzen in ihren Kleinstunternehmen überwiegend Energie aus Biomasse ein und nutzen Elektrizität, um den Arbeitstag für Heimindustrie und Landwirtschaft zu verlängern (Dutta 2005). Inwieweit verbesserte Brennstoffe und Beleuchtung das Einkommen erhöhen, ist quantitativ nicht belegt. Es gibt bisher auch keine quantitativen Aussagen darüber, inwieweit Frauen über die Verwendung des zusätzlichen Einkommens mitentscheiden.

Quantitativ gut belegt ist, dass die Haushaltsausgaben für Energie um 20-50 % sinken, wenn effizientere und mit niedrigeren Ausgaben verbundene Öfen und Beleuchtung eingesetzt werden. Es ist jedoch nicht klar, ob diese Ersparnisse dazu genutzt werden, den Lebensmittelkonsum oder zu steigern oder mehr Energie zu verbrauchen (Dutta 2005).

Neben den mikroanalytischen Studien wurden auch globale Studien durchgeführt, die die Korrelation und Kausalität zwischen Energie, Entwicklung und Gender statistisch belegen: Die ENERGIA/DfID-Studie zeigt, dass der Pro-Kopf-Energie-Verbrauch eng mit dem Gender-Development-Index (GDI) der Vereinten Nationen korreliert (ENERGIA, DfID 2004). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sogar bescheidene Zuwächse an Energie- und Elektrizitätsverbrauch mit wesentlich größeren Verbesserungen in der genderbezogenen Entwicklung – definiert als Gerechtigkeit bei Lebenserwartung, Schreib- und Lesefähigkeit und Einschulung – assoziiert werden können. Das ist konsistent mit dem, was über die Auswirkungen des Zugangs zu Energie auf die „praktischen“ Bedürfnisse zur Senkung der Arbeitsbelastung und dem Zugang zu Dienstleistungen bekannt ist. Die Beziehung zwischen Energieverbrauch und dem Gender Empowerment Index (GEM), der die Geschlechtergerechtigkeit in wirtschaftlichen und politischen Bereichen berechnet, ist weniger klar. Gender empowerment hängt stärker von rechtlichen und sozialen Faktoren sowie von politischen Rahmenbedingungen ab.

Einen weiteren Versuch, die Auswirkungen eines verbesserten Zugangs zu Elektrizität auf Armutsbekämpfung, Entwicklung und Geschlechtergerechtigkeit teilweise auch quantitativ zu untersuchen, unternimmt das *Energy-Poverty, and Gender* Projekt (En-PoGen) des *Asia Alternative Energy Programmes* (ASTAE) der Weltbank. Die Ergebnisse der zahlreichen Studien zu Einzelaspekten in China, Indonesien und Sri Lanka wurden in einem Synthesebericht zusammen gefasst (Ramani, Heijndermans 2003). Ein wesentliches Ergebnis der Studie ist, dass ein armuts- und genderorientierter Ansatz zur Förderung alternativer Energietechnologien technologie-neutral und bedürfnisorientiert sein muss.

In Deutschland beträgt der weibliche Anteil des technischen Personals im Energiesektor rund 6%, unter den Entscheidungsträgern sind lediglich 4% weiblich und im Top-Management weniger als 1% (Hoppenstedt-Analyse 2000).

Das Thema Energie aus Genderperspektive ist für die Länder des Nordens bisher kaum erforscht. Dies liegt zum einen darin begründet, dass dort die genderspezifischen Auswirkungen wesentlich geringer sind als im Süden, zum anderen darin, dass es an einer geschlechterspezifischen Datenbasis weitgehend mangelt (Röhr 2001). Seit April 2008 bietet eine Internetplattform Informationen zu Gender und Energie sowie weiteren klimapolitisch relevanten Themen ([www.gendercc.net](http://www.gendercc.net)).

Erneuerbare Energien können insofern einen Beitrag zu mehr Geschlechtergerechtigkeit leisten, als dass sie die Gleichstellung und den größeren Einfluss von Frauen fördern. Denn mangelnder Zugang zu modernen Energieformen bzw. Energieformen, die gerade im Zusammenhang mit der Bekämpfung von Armut nicht den Bedürfnissen von Frauen entsprechen, tragen zur Ungleichstellung der Geschlechter bei. Der Ausbau erneuerbarer Energien kann durch die Berücksichtigung von Genderaspekten, das heißt durch den Einsatz in Bereichen, die insbesondere für Frauen relevant sind, gezielt voran gebracht werden. Die Politikziele stehen also in einem wechselseitigen positiven Wirkungszusammenhang.

### **1.3.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Im Folgenden werden REG-Politikinstrumente daraufhin analysiert, ob und in welcher Art sie die unterschiedlichen Lebenswirklichkeiten von Männern und Frauen berücksichtigen. Dabei kann Chancengleichheit der Geschlechter eine zentrale Motivation für den REG-Ausbau sein. Sie kann auch als – durchaus erwünschter – Nebeneffekt betrachtet werden. Darüber hinaus ist es möglich, dass positive Synergieeffekte in der Debatte um REG-Förderinstrumente weitgehend vernachlässigt werden.

Das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit kann auf unterschiedlichen Ebenen durch den Ausbau erneuerbarer Energien gefördert werden: in der bilateralen staatlichen und nichtstaatlichen Entwicklungszusammenarbeit sowie in multilateralen Ansätzen ebenso wie auf (sub-)nationaler Ebene.

Die Genderperspektive ist bei internationalen Klimaverhandlungen marginalisiert. Im Gegensatz zu den Konferenzen der UN-Kommission für nachhaltige Entwicklung sind hier nicht die neun „major groups“ (wichtige Akteursgruppen) an der Debatte beteiligt, wie bspw. Frauen oder Gewerkschaften.<sup>3</sup> Stattdessen wurden fünf Gruppen mit Beobachterstatus eingerichtet: Umweltverbände, Industrie, Forschung, regionale und lokale Regierungen sowie indigene Völker. Frauenorganisationen müssen ihre Interessen zuerst in der großen Gruppe der Umweltverbände oder der Forschung durchsetzen, um die Gelegenheit für eine Rede im Plenum zu erhalten (Röhr 2007). Kritisiert wird

---

<sup>3</sup> Um der auf dem „Erdgipfel“ in Rio 1992 beschlossenen breiten Beteiligung gesellschaftlicher Gruppen am Prozess der Agenda 21 nachzukommen, identifizierte die Agenda 21 neun wichtige Akteursgruppen: Frauen, Kinder und Jugendliche, indigene Bevölkerung, Arbeiter und Gewerkschaften, Handel und Industrie, Wissenschaft und Technik sowie Landwirte.

von Frauen die eindimensionale Behandlung des Klimawandels mit seiner ausschließlichen Konzentration auf technische Ansätze zur Reduktion der Treibhausgase, die keine nachhaltigen Lösungen bieten (Beispiel: Agrotreibstoffe). Weitere Forderungen von Frauenorganisationen wurden auf der Klimakonferenz in Nairobi gestellt. So wird bspw. die Integration der Genderperspektive bei den nationalen Berichterstattungen zum Klimaschutz oder den nationalen Anpassungsplänen (NAPAs) angemahnt. Ebenso wird eine sorgfältige Analyse der Wirkungen marktbasierter Instrumente auf alle potenziellen Marktakteure sowie der sozioökonomischen und gesundheitlichen Auswirkungen des Konsums und der Produktion von Agrarkraftstoffen gefordert.

Gendergerechtigkeit kann gestärkt werden, indem ihr die multilateralen Finanzinstitutionen und regionalen Entwicklungsbanken bei der Förderung erneuerbarer Energien sowohl auf Policy- als auch auf Programmebene systematischer Aufmerksamkeit schenken. Moderne, technikorientierte Projekte und Programme wenden sich fast ausschließlich an Männer (Arbeitsplätze, Administration, Gebaren etc.), obwohl die Hauptnutzer Frauen sind.

Frauen- und Genderpositionen weiten sich inzwischen auch auf nationalstaatlicher Ebene aus. So sieht der Renewable Energies Plan der indischen Regierung eine größere Beteiligung von Frauen an RET-Programmen vor (Gonsalves 2006). Dies stellt einen Ausgangspunkt dar, um weiteren Einfluss auf die Förderung von Genderthemen in der nationalen Energiepolitik zu nehmen. Dieser Einfluss könnte in eigenen Budgets, Institutionen und Programmen Ausdruck finden. Einen Überblick über den Stand des Gender-Mainstreaming, also der systematischen Berücksichtigung von Genderaspekten in energiepolitischen Entscheidungen in Entwicklungsländern gibt Energia (2007). Länder- und Regionalberichte enthalten zahlreiche Politikempfehlungen für die nationale und internationale Ebene. Auch Clancy, Oparochoa und Roehr (2004) stellen in ihrem Beitrag zu Gender und erneuerbaren Energien für die „Renewables 2004“-Konferenz in Bonn Politikempfehlungen für unterschiedliche Handlungsebenen zusammen: Die Berücksichtigung von Genderaspekten beim Ausbau erneuerbarer Energien braucht ein förderliches Umfeld, für dessen Gestaltung die Politik maßgeblich ist. Energiepolitik muss die Bedürfnisse von Männern und Frauen in gleicher Weise systematisch berücksichtigen. Sie darf sich nicht an Technologien, sondern muss sich an Bedürfnissen orientieren. Information, Ausbildung und Netzwerkbildung unter Frauen zum Thema erneuerbare Energien ist essentiell. Der Zugang zu Finanzierungsmöglichkeiten für Frauen muss erleichtert werden.

Ein genderorientierter Kapazitätenaufbau auf kommunaler Ebene muss Entscheidungsträger, NGOs und Finanzdienstleister umfassen. Dabei darf nicht in Vergessenheit geraten, dass der Zugang zu modernen Energieformen allein kein Garant für einen Weg aus der Armut ist. Besondere Bedeutung sollte der Schaffung von Einkommensmöglichkeiten für Frauen durch produktive Nutzungen erneuerbarer Energien zukommen. REG können dann auf Genderfragen positiv einwirken, wenn sie dort zum Einsatz kommen, wo sie insbesondere die Lebenssituation und die Chancen von Frauen verbessern. Dies gelingt nur, wenn der Ausbau erneuerbarer Energien mit komplexen-

tären Politiken bspw. in den vor allem für Frauen wichtigen Bereichen Landwirtschaft, Gesundheit, Bildung oder Transport verknüpft wird. Gute Praxisbeispiele wurden von UNDP in einer Broschüre gesammelt (UNDP 2004). Darin sind auch Politikmaßnahmen auf nationaler und lokaler Ebene beschrieben, die Frauen den Zugang zu nachhaltiger Energie erleichtern.

Durch das BMZ wird das Gender-Mainstreaming aktiv vorangetrieben und von wichtigen Akteuren der deutschen bilateralen Entwicklungszusammenarbeit im Rahmen der technischen und finanziellen Zusammenarbeit durch GtZ und KfW umgesetzt.

Das Haushaltsenergieprogramm (HEP) der GtZ nennt als Ziele Armutsbekämpfung, Umweltschutz und Chancengleichheit der Geschlechter und versucht dies vor allem durch die Verbreitung effizienter Herde zu erreichen. Als weiteres Fallbeispiel sei das Programme for Biomasse Energy Conservation in Southern Africa (Probec) genannt. Frauen sind unter anderem eine spezielle Zielgruppe für Trainings- und Verbreitungsmaßnahmen. In Probec kommen vor allem Solar- und Gelkocher zum Einsatz.

Die KfW verfügt seit 2005 über eine überarbeitete und um einen verbindlichen Handlungsplan ergänzte Genderstrategie (KfW 2005). Die Genderstrategie ist operativ angelegt und durch quantifizierte und zeitlich festgelegte Ziele konkretisiert. So soll zum Beispiel die Anzahl der Neuvorhaben mit positiven Genderwirkungen im FZ-Portfolio innerhalb von drei Jahren um 40% gesteigert werden. Die KfW-Entwicklungsbank hat mit Sondermitteln des BMZ ein Team von Genderexperten engagiert, die die Aktivitäten in den sektoralen Schwerpunkten – darunter Energie – begleiten sollen. Wichtigstes Ziel ist es, Bezüge zur Armutsreduktion und den MDGs herzustellen.

Bei der Exportinitiative Erneuerbare Energien, die den Auftrag hat, deutsche Unternehmen mit Informations- und Vernetzungsangeboten zu helfen, werden Genderaspekte nicht explizit erwähnt.

Erneuerbare Energien genießen derzeit vor allem in der Entwicklungszusammenarbeit erhöhte Aufmerksamkeit. Das Thema Gender und erneuerbare Energien geht oftmals über das Thema Kochen hinaus und umfasst u. a. auch einkommensschaffende Maßnahmen zum Beispiel durch Herdfertigung und Vermarktung. Einschränkend ist zu bemerken, dass das Thema zuletzt während der Erneuerbare-Energien-Konferenz Renewables 2004 Hochkonjunktur erfahren hat. Außerhalb des Politikfelds der Entwicklungszusammenarbeit herrscht eine Diskrepanz zwischen der Relevanz von Geschlechtergerechtigkeit und REG einerseits und deren politischer Wahrnehmung bzw. Umsetzung auf internationaler Ebene.

### **1.3.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Dieses Unterkapitel analysiert die Kräfte und Tendenzen, die einer stärkeren Verbindung zwischen der Herstellung von Geschlechtergerechtigkeit und dem REG-Ausbau

entgegen stehen, sowie Förderfaktoren, die helfen, Synergien zwischen beiden Politikzielen zu erzeugen.

Im Energiesektor finden derzeit zwei Veränderungen statt, die spezifische Konsequenzen für arme Menschen haben: Privatisierung und Kommerzialisierung (Vermarktung). Es ist bisher noch nicht klar, ob die Privatisierung von staatlichen Energieunternehmen in weniger oder mehr Zugang zu modernen Energieformen für die arme Landbevölkerung resultiert. Andererseits bietet die Privatisierung neuen Unternehmern die Möglichkeit in den Markt für lokale Energiedienstleistungen in ländlichen Gebieten einzutreten (Clancy/Skutch/Batchelor 2003).

Durch einen Gender-Ansatz können Anbieter von REG-Technologien ihre potenzielle Kundenbasis verbreitern und die Nachhaltigkeit bei der Anwendung ihrer Technologien sicherstellen. Dieser Vorgang findet allerdings nicht in einem Vakuum statt, sondern bedarf eines förderlichen Umfelds. Politik kann ein förderliches Umfeld schaffen, das den Zugang zu nachhaltigeren Energiedienstleistungen sicherstellt.

Politik wird oft eher auf der Grundlage von Annahmen und Behauptungen gemacht. Politische Maßnahmen sind jedoch wirksamer, wenn ihnen Analysen auf der Ebene von Haushalten und Unternehmen (Mikroebene) über den Nutzen des Zugangs zu Energiedienstleistungen für Arme zu Grunde liegen. Eine klassische Behauptung ist, dass die Ausstattung mit elektrischem Licht zu mehr Bildung führt. Das ist allerdings empirisch nicht belegt (Clancy/Skutch/Batchelor 2003).

Die Diskussion um Hemmnisse des Zugangs zu modernen Energiedienstleistungen muss die besonderen Herausforderungen, denen sich Frauen ausgesetzt sehen, miteinbeziehen. Wesentliche Beschränkungen alternativer Energietechnologien unter Gender-Gesichtspunkten sind folgende (Ramani, Heijndermans 2003):

**Finanzielle und wirtschaftliche Barrieren.** Der geringen Kaufkraft armer Bevölkerungsschichten stehen die hohen anfänglichen Investitionskosten von Technologien der erneuerbaren Energien gegenüber, auch wenn die Betriebskosten oftmals geringer sind als bei Energiedienstleistungen auf Basis fossiler Rohstoffe. Oftmals fehlt auch das Geld für die Wartung der REG-Technologien. Die Versorgung mit Strom macht nur dann Sinn, wenn der Haushalt in der Lage ist, sich entsprechende elektronische Geräte zu kaufen, vor allem solche für produktive Anwendungen.

Zu den Hemmnissen zählt auch die räumliche Entfernung vieler ländlicher Haushalte, die zusätzlich zu den Kosten aller Energiedienstleistungen – seien es zentrale (Kosten des Netzausbaus) oder dezentrale Formen – relevant ist. Der mangelnde Zugang zu Krediten ist gerade für arme Frauen in ländlichen Gebieten ein großes Hemmnis.

**Institutionelle und politische Barrieren.** Energiepolitiken, die gleichermaßen auf die Bedürfnisse von Männern und Frauen eingehen, scheitern vielerorts am bei politischen Entscheidungsträgern mangelnden Bewusstsein für Gender-Fragen.

Zur Umsetzung des Gender-Mainstreaming in der Energiepolitik gehört etwa die obligatorische Anwendung eines Gender-Impact-Assessments (GIA) zur Überprüfung aller

Maßnahmen auf ihre möglichen Auswirkungen auf das Geschlechterverhältnis. Ebenso gehört die Anwendung des Gender-Budgeting dazu, mit dem geprüft wird, wer von welchen Ausgaben in welchem Umfang profitiert.

**Technische Barrieren.** Oft steht Frauen bei technischen Problemen mit REG-Technologien kein Kundendienst zur Verfügung. Frauen erhalten somit keine Unterstützung bei Wartung und Reparaturen, und tendieren dazu, Geräte abzuschalten und nicht mehr in Betrieb zu nehmen.

**Barrieren durch Informations- und Bildungsmangel.** Insbesondere Frauen verfügen oft nur über ein begrenztes Wissen über neue Technologien. Mangel an Bildung und technischen Fähigkeiten führt daher oft zu Schwierigkeiten mit der Bereitstellung und dem Betrieb von erneuerbare-Energien-Technologien in entlegenen ländlichen Gebieten.

**Rechtliche, soziale und kulturelle Barrieren.** Die Veränderung gesellschaftlicher Rollen braucht Zeit und erfordert ein sensibles Vorgehen. Andernfalls kann das Eingreifen in Gesellschaftsstrukturen problematisch oder auch kontraproduktiv sein: Obwohl Kochen in Nepal nur von Frauen übernommen wird, waren bei den Workshops, die im Umgang mit den Solarkochern schulen sollten, ausschließlich Männer anwesend.

Eingeschränkte Bewegungsfreiheit von Frauen beschneidet den Zugang zu einigen Energieformen und Energiedienstleistungen. So können in einigen Gegenden Frauen während der Abend- und Nachtstunden das Haus nicht verlassen, oder ihnen ist aufgrund gesellschaftlicher Normen die Nutzung von Internetcafés nicht gestattet.

Gesetzliche oder soziale Diskriminierung hindert Frauen oft am Erwerb von Eigentum oder am Zugang zu Land und natürlichen Ressourcen.

**Konkurrierende Strukturelemente und mögliche Synergien mit fossilen Versorgungsvarianten.** Durch die Substitution von traditionellen Energieträgern durch modernere wie Elektrizität werden insbesondere Frauen entlastet. Doch gerade die Auflage zahlreicher Programme zur ländlichen Elektrifizierung findet auch Kritiker. Sie verweisen auf die hohen Kosten der Photovoltaik oder halten eine reine Elektrifizierung nicht für sinnvoll, da sie Menschen oft lediglich elektrisches Licht und den Betrieb eines Radios ermöglicht, andere Energiebedürfnisse damit aber nicht gedeckt werden können. Die handelsüblichen, für die ländliche Bevölkerung erschwinglichen Solar Home Systems liefern z. B. nicht genügend Energie zum Kochen und Heizen. Solar Home Systems sind für Arme in ländlichen Gebieten außerdem nicht erschwinglich.

Im Hinblick auf die Bedingungen in vielen afrikanischen Ländern, ist Karekezi und Kithyoma (2003) zuzustimmen, die betonen, dass bei einer Verbesserung des Zugangs zu Energie der Elektrizität kein zu hoher Stellenwert beigemessen werden sollte. Selbst in entwickelteren Ländern wie Südafrika haben zahlreiche Haushalte keinen Anschluss an das Elektrizitätsnetz oder können sich den Kauf und Betrieb von Elektro-

herden nicht leisten. In diesen Fällen ist es wichtig, den Zugang zu anderen modernen Energieträgern wie Flüssiggas oder die optimierte Nutzung von Biomasse zu fördern.

Zur Verbesserung der ländlichen Energieversorgung und zur Verringerung der Übernutzung lokaler Biomasseressourcen stellt die verbesserte Biomassenutzung einen integralen Bestandteil von Strategien zur ländlichen Entwicklung dar. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die geringen Kosten, die z. B. mit der Einführung optimierter Öfen verbunden sind. Wo es möglich ist, sollten allerdings wegen des höheren Effizienzgrades und aufgrund der geringeren Emissionen, die durch die Nutzung von Gas und Elektrizität in Innenräumen entstehen, Stufen auf der Energieleiter übersprungen werden.<sup>4</sup>

Sollten die 2,4 Mrd. Menschen, die keinen Zugang zu moderner Energie haben, anfangen, mit Flüssiggas zu kochen, würden dadurch die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen um lediglich 2% ansteigen (WBGU 2003, Goldemberg 2000).

Großtechnische Energieversorgungsvarianten mit starken zentralen Strukturen wie CCS und Kernenergie sind nicht in der Lage, das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit in der Weise voranzutreiben, wie dies erneuerbare Energien können. CCS und Kernenergie sind nicht geeignet, dezentrale oder auch haushaltsnahe Einkommensmöglichkeiten zu schaffen. Die Energieversorgung ländlicher Haushalte wäre nur mit einem Netzausbau möglich, der in vielen Entwicklungsländern teurer als die dezentrale Energieversorgung auf Basis regenerativer Energien ist.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass auf der Ebene der energetischen Versorgung von Haushalten, hier vor allem bei der Bereitstellung von Energie zum Kochen, fossile Versorgungsvarianten (vor allem Flüssiggas) oder Energieeffizienzmaßnahmen (verringerte Biomassenutzung durch effiziente Öfen) oftmals kostengünstiger sind als regenerative und – im Fall von Flüssiggas zum Kochen – nur mit geringen CO<sub>2</sub>-Mehremissionen verbunden sind.

Erfolgsentscheidende Aspekte bei der Entwicklung von Projekten zur Verbesserung der Situation für Frauen sind:

- Partizipation, d. h. die Ausrichtung der Aktivitäten auf die Bedürfnisse von Frauen (Nachfrageorientierung),
- Verständnis und Wissen über die Entscheidungsfindung in Haushalten,

---

<sup>4</sup> Das Konzept der Energieleiter stellt Energieträger anhand der Kriterien Effizienz, Sauberkeit und Bequemlichkeit in der Nutzung dar. Dabei steht die energetische Nutzung von Ernteabfällen, Dung, Holz und Holzkohle meist auf den unteren Stufen. Auf den mittleren Stufen verteilen sich Kohle, Kerosin, Gas und Elektrizität. Auf den oberen Stufen der Energieleiter rangieren Wasserstoff und erneuerbare Energien. Es ist zu beachten, dass Energieträger untereinander nur begrenzt austauschbar sind. Elektrizität ersetzt beispielsweise Biomasse nur in bestimmten Anwendungsbereichen. Daher handelt es sich bei der Energieleiter um einen Komplex von parallel nebeneinander existierenden Subsystemen. So unterscheidet sich die Energieleiter für Kochenergie deutlich von jener für Antriebsenergie oder jener für Beleuchtung.

- Anpassung der Technologien an den Bedarf,
- Zugang zu Finanzierungs- und Ausbildungsmöglichkeiten für Haushalte.

Zahlreiche genderspezifische Hemmnisse behindern den Ausbau erneuerbarer Energien gerade in ländlichen Gebieten und bei armen Bevölkerungsgruppen, auch wenn die Schaffung von Chancengerechtigkeit zwischen den Geschlechtern in Programmen der Entwicklungszusammenarbeit mit Armutsorientierung die größte Beachtung findet.

Nur geringe bis keine Beachtung finden Genderaspekte in der energiepolitischen Diskussion bzw. Regulierung. Hier besteht insbesondere großer Nachbesserungsbedarf bei Institutionen, die sich mit energiesektorpolitischen Reformen beschäftigen, wie internationale Förderinstitutionen und -banken.

### **1.3.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte**

Die Förderung erneuerbarer Energien kann sich positiv auf die Gleichstellung der Geschlechter auswirken, wenn sie nachfrage- und bedarfsorientiert sowie technologieneutral ist. Dieser Zusammenhang ist vor allem in der Entwicklungszusammenarbeit erkannt und mit dem Ziel der Armutsreduktion diskutiert worden. Chancengleichheit der Geschlechter ist als Aufgabenstellung in der Debatte um erneuerbare Energien bei Akteuren wie BMZ und den Umsetzungsinstitutionen GTZ und KfW genauso wie bei internationalen Akteuren der Entwicklungszusammenarbeit angekommen. Augenfällig ist jedoch, dass es bisher lediglich einzelne Fallstudien, aber keine fundierte empirische Basis für diesen Zusammenhang gibt.

Positive Wirkungen auf die Chancengleichheit der Geschlechter durch die Nutzung erneuerbarer Energien werden vor allem dann erzielt, wenn Genderaspekte bzw. Genderanalysen systematisch in Programme, Projekte und Instrumente zur REG-Förderung einbezogen werden und Genderpolitik als Querschnittsaufgabe verstanden wird (sogenanntes Gender-Mainstreaming). Bisher mangelt es jedoch an der transparenten Übersetzung der Debatte in konkrete Instrumente und Programme.

Politik wird teilweise auf der Grundlage von Annahmen und Behauptungen gemacht. Politische Maßnahmen sind jedoch wirksamer, wenn Analysen auf der Ebene konkreter Akteure, z. B. Haushalten und Unternehmen (Mikroebene) über den potentiellen Nutzen vorliegen. Bessere Hintergrundinformationen sind daher bedeutsam.

## **1.4 Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung**

### **1.4.1 Begriffsdefinition**

Der Begriff *Armut* hat keine festgeschriebene Definition und kann verschieden angewendet werden. Allgemein wird mit dem Begriff *Armut* ein Mangelzustand beschrieben. Um die Armut in einem Land verdeutlichen zu können, wurde der sogenannte „Human Poverty Index“ (HPI) entwickelt, der für die Entwicklungsländer anhand der drei Dimensionen Lebenserwartung, Bildung und Angemessener Lebensstandard die Armut

der jeweiligen Landesbevölkerung beschreibt. Der hiermit ermittelte Prozentsatz gibt an, wie viele Menschen eines Landes als *arm* einzustufen sind. Für die Industrieländer kommt als vierte Dimension noch die soziale Ausgrenzung als Maßstab hinzu (UNDP 2007).

Im Handlungsfeld der Armutsbekämpfung und ländlichen Entwicklung in den Entwicklungs- und Schwellenländern wird das Augenmerk auf den Zusammenhang erneuerbarer Energietechnologie mit Möglichkeiten zur Verminderung der Armut gelegt. Ein besonderer Blick gilt dabei dem ländlichen Raum und dessen Entwicklung, denn „Armut hat weltweit vor allem ein ländliches Gesicht“ (GTZ 2009).

Die Anzahl der *extrem armen* Menschen wird von der Weltbank und den Vereinten Nationen nicht mit dem HPI, sondern mit Hilfe des täglichen Bruttoeinkommens bemessen. Menschen mit weniger als 1\$ (neuere Quellen sprechen von 1,25\$) Tageseinkommen, sind als *extrem arm* anzusehen, ihre Zahl liegt bei ca. 1 bis 1,4 Milliarden Menschen (UNDP 2007; World Bank 2008). Laut Human Development Report des UNDP sind rund 2,6 Milliarden Menschen als *arm* zu bezeichnen (UNDP 2007).

#### 1.4.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** Der Zugang zu Energie ist ein entscheidender Faktor für die Verbesserung der Lebensverhältnisse armer und ländlicher Bevölkerungsschichten und ist Grundelement für eine wirtschaftliche und soziale Entwicklung. Durch die Vorteile der erneuerbaren Energieträger gegenüber fossilen Energieträgern ist ihre Nutzung im besonderen Maße geeignet, um insbesondere in ländlichen Regionen der Entwicklungs- und Schwellenländer die Armut zu reduzieren. Somit können die erneuerbaren Energien als passendes Mittel zur Minderung der Armut gesehen werden, weshalb die Armutsbekämpfung eine treibende Kraft für die Verbreitung der erneuerbaren Energien sein kann.

Folgende Fakten verdeutlichen die Zusammenhänge zwischen Armutsbekämpfung, ländlicher Entwicklung und dem Einsatz erneuerbarer Energien:

- Weltweit sind 2,4 Milliarden Menschen auf die traditionelle Biomassenutzung als primäre Energieressource angewiesen und rund 1,6 Milliarden Menschen haben keinen Zugang zu Elektrizität (UNDP 2005).
- Vier von fünf Menschen ohne Zugang zu moderner Energie leben in ländlichen Gebieten. Auch wenn Programme zur ländlichen Elektrifizierung zwischen 1970 und 1990 rund 800 Millionen Menschen erreichten, ist die absolute Zahl der Menschen ohne Zugang zu moderner Energiebereitstellung nicht merklich gesunken (WRI 2005).
- Als Folge erhöhter Energiepreise ist nach Schätzungen der Weltbank die Zahl der Menschen, die in Entwicklungsländern in Armut leben, seit 2002 sogar um ca. 4 – 6% gestiegen. Die sozialen Auswirkungen des Ölpreisanstiegs waren v. a. in den

subsaharischen Ländern deutlich erkennbar, wo der Anstieg z. T. direkt an die Konsumenten weitergereicht wurde (nach WEO 2006, In: IEA 2006).

- Das Verbrennen von Holz oder Dung in offenen Feuerstellen oder ineffizienten Öfen birgt zudem eine enorme gesundheitliche Gefahr. Nach neuen Studien sterben jährlich rund 1,5 Millionen Menschen an den Folgen der so genannten Indoor-Air-Pollution (WHO 2006).

Neben dem direkten Einfluss, den Energie auf die Lebenssituation armer Bevölkerungsgruppen in Entwicklungs- und Schwellenländern haben kann, beeinflussen indirekt auch die Folgen der weltweiten Energiebereitstellung und die Wahl der Energieträger die Gegebenheiten vor Ort. Die Nutzung fossiler Energieträger ist einer der Treiber des anthropogenen Klimawandels (vgl. IPCC 2001).

Der Klimawandel könnte durch verstärkt auftretende Krankheiten und Bodendegradierung Fortschritte bei der Armutsbekämpfung wieder zunichte machen. Den Klimawandel zu stoppen bzw. die Lebensbedingungen dem Klimawandel anzupassen, stellt somit ebenfalls eine Form der Armutsbekämpfung dar. Daneben müssen Energiearmut und fehlende Energiesicherheit als Quelle von Konflikten und Spannungen immer ernster genommen werden (EEA 2005).

Allgemein sind die *weltweiten Potenziale* erneuerbarer Energien enorm hoch. Das mit den bereits verfügbaren Technologien zu erschließende Potenzial übersteigt um ein 6faches den Weltprimärenergiebedarf (BMU 2006c). Aktuell werden, je nach Quelle und Berechnungsmethode, 13-18% des Endenergieverbrauchs durch REG gedeckt (IEA 2006; REN21 2008). Gerade in Ländern des Südens sind z. B. die Potenziale für solare Anwendungen aufgrund der hohen direkten Sonneneinstrahlung besonders hoch, in Küsten- und Gebirgsregionen ebenso die für Windkraftnutzung. Die tatsächlich in den verarmten (Land-)Regionen verfügbaren Ressourcen können aber auch gering ausfallen, die quantitative Bedeutung hängt somit von den individuellen geographischen Gegebenheiten ab.

Kernfragen in diesem Zusammenhang sind:

- Welche Art von Energie wird für die ländliche Entwicklung und Armutsbekämpfung in Entwicklungs- und Schwellenländern benötigt?
- Welche Rolle können erneuerbare Energien innerhalb einer armutsorientierten Entwicklungsstrategie spielen?

Armutsbekämpfung hat zum Ziel, die Chancen armer Menschen und Gruppen in Entwicklungsländern zu verbessern (in Bezug auf Gesundheit, Bildung, Arbeitsbedingungen, Chancengleichheit, etc.). Zu den armen Gruppen zählen Kinder, ältere Menschen, Frauen, die Landbevölkerung, indigene Gemeinschaften etc. (WBGU 2004). Zugang zu moderner Energie kann einen Beitrag zur Verbesserung der Lebenssituation leisten, wenn er vor allem in drei Bereichen sichergestellt wird: Dringend benötigt wird erstens *Energie zum Kochen*, denn der Bedarf an Koch- und Heizenergie wird von einem Drittel der Menschen mit traditioneller Biomasse gedeckt. Die Armen zahlen einen hohen

Preis – entweder monetär oder in Form von körperlicher Arbeit – für bescheidenen Zugang zu Energie. In der Regel geben arme Haushalte einen größeren Anteil ihres Einkommens für Energie aus als reiche Personenhaushalte. Zweitens fehlt der Zugang zu *Antriebsenergie* für die Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte und Lebensmittel, zum Betrieb von Wasserpumpen und für andere produktive Verwendungen. Kleingewerbe können mit moderner Energie zusätzlichen Verdienst generieren und so die Einkommens- und Vermögensarmut mindern. Außerdem sollte *Elektrizität* für öffentliche Dienstleistungen, für Haushalte und kommerzielle Aktivitäten zur Verfügung stehen. Elektrische Energie macht die Kühlung von Medikamenten möglich und trägt damit zu einer verbesserten Gesundheitsversorgung bei (Shukla et al. 2004).

Um den Zugang in diesen Kernbereichen sicher zu stellen, steht eine breite Palette an erneuerbaren Energien und Technologien zur Verfügung. Ebenfalls umfangreich ist das Portfolio an Einkommensmöglichkeiten, die sich durch moderne Energiedienstleistungen, bereitgestellt mittels erneuerbarer Energiequellen, eröffnen können. Einen ersten Überblick hierzu liefert die folgende Tabelle, in der sowohl die Dienstleistung bzw. Aktivität und die sich daraus ergebenden verbesserten Arbeitsbedingungen und Einkommensquellen als auch die hierzu bereit stehenden REG-Technologien aufgeführt sind (REN 21 2005a; BMZ 2009). Energiedienstleistungen zur Einkommensgenerierung.

Tab. 1-8. Förderfaktoren, Hemmnisse und Akteure beim regionalen Ausbau erneuerbarer Energien in ausgewählten Regionen

<b>Energiedienstleistungen</b>	<b>Einkommensmöglichkeiten für ländliche Bevölkerung und Kleinunternehmen</b>	<b>Einsetzbare erneuerbare Energie-Technologien</b>
Bewässerung	Ertragreichere Ernten; Pflanzungen zeitlich angepasst an Marktbedarf; anspruchsvollere Kulturen; größere Zuverlässigkeit;	Wind, Solar PV, Biomasse ( <i>zum Antrieb von elektr. Pumpen</i> )
Beleuchtung	Verbesserte Arbeitsbedingungen und erhöhte Arbeitszeit	Wind, Solar PV, Biomasse, Kleinwasserkraft, Geothermie ( <i>zur Stromerzeugung</i> )
Mahlen, Schälen	Schaffung höherwertiger Produkte aus landwirtschaftlichen Rohstoffen	Wind, Solar PV, Biomasse, Kleinwasserkraft ( <i>zur Stromerzeugung oder Antriebsenergie über Wasserkraft bzw. Pumpenergie über Wind/Solar PV</i> )
Trocknung, Räuchern (Konservierung über Prozesswärme)	Schaffung höherwertiger Produkte zum Verkauf für hochwertigere Märkte	Biomasse ( <i>Nutzung der Prozesswärme</i> ), Solarthermie ( <i>solare Trocknung; Nutzung des Dampfes</i> ), Geothermie
Kühlung, Eisproduktion	Konservierung von Produkten zum Verkauf für hochwertigere Märkte	Wind, Solar PV, Biomasse, Kleinwasserkraft, Geothermie
Extrahieren	Produktion von raffiniertem Öl aus Samen	Solarthermisch
Transport	Zugang zu Märkten, öffentlichem Transport	Biomasse (Biofuels)
Kommunikation	Zugang zu (Markt)-Informationen; Koordi-	Wind, Solar PV, Biomasse, Klein-

(Computer, Internet, Telefon)	nation von Lieferanten und Vertretern; Wettervorhersagen; Unterhaltungsmedien	wasserkraft, Geothermie ( <i>zur Stromerzeugung</i> )
Batterieaufladestation	Breite Palette an Nutzungsmöglichkeiten	Wind, Solar PV, Biomasse, Kleinwasserkraft, Geothermie ( <i>zur Stromerzeugung</i> )

---

Quelle: REN21 2005a; ergänzt von Wuppertal Institut 2008

**Fazit:** Die Zusammenhänge von Armut, verzögerter Entwicklung des ländlichen Raums und bereitgestellter moderner Energie sind eindeutig zu erkennen. Erneuerbare Energien können durch flexible dezentrale Nutzungsmöglichkeiten für die drei energiebezogenen Grundbedürfnisse Essenzubereitung, Antriebsenergie und Elektrizität gute zukünftige Optionen bieten.

Fossile Energieträger haben hingegen weniger Optionen der dezentralen Nutzung lokaler Ressourcen und bergen insbesondere für den ländlichen Raum einen hohen Import- und Transportaufwand in sich. Ohne bestehende Netzanbindung muss auf emissionsintensive und z. T. gesundheitsschädliche Technologien - wie LPG-Kocher oder Diesel-Generatoren - zurückgegriffen werden.

### 1.4.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien

**Konkrete Ziele im Bereich der Armutsbekämpfung.** Im Jahr 2000 verabschiedete die Generalversammlung der Vereinten Nationen die Millenniumserklärung und im Folgejahr die Millenniumsziele (*Millennium Development Goals*, kurz MDG), deren zentrale Anliegen die Förderung nachhaltiger Entwicklung und die Bekämpfung der Armut in der Welt sind<sup>5</sup>. Bis 2015 soll der Weltbevölkerungsanteil der Menschen, die in extremer Armut leben, also von weniger als 1\$/Tag, halbiert werden. Aktuell sind das nach Schätzungen der Weltbank ca. 1 bis 1,4 Milliarden Menschen weltweit (World Bank 2008). Energiebereitstellung und insbesondere der Zugang zu moderner Energie sind in den Entwicklungszielen der Vereinten Nationen nicht explizit genannt. Implizit aber ist der Zugang zu Energie eine der zentralen Voraussetzungen, um die Lebens- und Produktionsbedingungen in den Entwicklungsländern zu verbessern (UNDP 2005, REN21a 2005).

Eine Empfehlung des UN-Millenniums Projekts ist es, die Zahl der Haushalte, die traditionell mit Biomasse kochen, bis 2015 zu halbieren. Werden keine gezielten Maßnah-

---

<sup>5</sup> Die Millenniumsziele der Vereinten Nationen (MDGs) umfassen folgende 8 Punkte: 1. Armutsbekämpfung; 2. Allgemeine Primärschulbildung; 3. Gleichstellung der Geschlechter; 4. Senkung der Kindersterblichkeit; 5. Verbesserung der Gesundheit von Müttern; 6. Bekämpfung von HIV/AIDS, Malaria etc.; 7. Sicherung der ökolog. Nachhaltigkeit; 8. Sicherung der ökonom. Nachhaltigkeit. - Dies sind die globalen Ziele zur Armutsbekämpfung, nationale Ziele einzelner Staaten sind hier nicht im Einzelnen aufgeführt (UN 2006).

men getroffen, um dieses Ziel zu erreichen, wird – laut Aussage der IEA - aufgrund des Bevölkerungswachstums ihre Zahl noch weiter steigen (von derzeit 2,5 Mrd. auf 2,7 Mrd. bis 2030) (IEA 2006). Das bedeutet, rund ein Drittel der Weltbevölkerung wird weiterhin auf diese traditionelle und gesundheitsschädigende Energieform angewiesen sein.

Von Seiten der NROs gibt es viele kritische Stimmen gegenüber den Millenniumsentwicklungszielen selbst, aber auch Forderungen, die MDGs zu erweitern. So strebt z. B. die Organisation Christian Aid an, dass ein neuntes Millenniumsentwicklungsziel den acht anderen hinzugefügt wird, welches die Regierungen dazu auffordert, die Emissionen zu reduzieren und damit einen entscheidenden Beitrag zum Kampf gegen die Armut zu leisten (Germanwatch 2007). Hintergrund ist hierbei der Zusammenhang zwischen der Nutzung fossiler Energien und der Verschärfung der Armut durch die Folgen des Klimawandels.

**Konkrete Bezüge zwischen der Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien und Armutbekämpfung.** Das Themenfeld Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung ist für viele Staaten und Regionen bedeutsam. Eine umfassende Darstellung der konkreten politischen Rahmenbedingungen ist somit nicht möglich. Allgemein kann man jedoch die folgenden beeinflussenden Größen, Aktivitäten und Akteure herausstellen:

- Regierungen der einzelnen Entwicklungs- und Schwellenländer
- Internationalen Vereinbarungen, Ziele und Aktivitäten
- Regierungen der Industrienationen

Die *Regierungen der einzelnen Entwicklungs- und Schwellenländer* nehmen durch die politische Rahmensetzung entscheidend Einfluss, z. B. durch Ausrichtung der Energiepolitik (inkl. Subventions- und Förderausrichtung, Zielsetzungen für REG-Ausbau, Energiesektorreformen, Energiemarktöffnung, Stromleitungsausbau), Steuergesetzgebung (z. B. Feed-In-Tariffs, Einfuhrzölle), Forschungsförderung (Weiterentwicklung adäquater Technologien für die Anwendung im ländlichen Raum), Bildung (Schulbildung, aber auch Ausbildung von Technikern etc.), Informationspolitik (für ländliche Bevölkerung über Optionen und Fördermöglichkeiten, good-practices), Förderung von Finanzgebern (mit Ausrichtung auf REG) und Unterstützung der ländlichen Entwicklung. Zudem sind die Regierungen der armen und hoch verschuldeten Länder von der Weltbank dazu aufgefordert, eigene nationale Pläne zur Armutsbekämpfung zu entwickeln (PRSPs). Mit den so genannten MDG-Länderberichten wird an die UN weitergeleitet, inwieweit die Entwicklungsziele national erreicht werden. Bezeichnend ist, dass Energie im Kontext mit Armutsbekämpfung kaum Erwähnung findet, sondern meist nur unter Umweltaspekten berücksichtigt wird. Grund hierfür kann u. a. in der getrennten Betrachtung der verschiedenen Problemfelder gesehen werden (VENRO 2007a; Shukla et al. 2004; Shukla 2006).

In vielen Entwicklungs- und Schwellenländern wurden Elektrifizierungsprogramme eingeführt und Politikmaßnahmen getroffen, um die Energieversorgung der nicht-elektrifizierten Regionen und armen Bevölkerungsschichten zu verbessern. RET werden hierbei explizit mitgefördert, so z. B. in China („Township Electrification Program“, Stromzugang für 1,3 Mio. Landbevölkerung und 1000 Townships), Indien („Remote Village Electrification Programme“, Elektrifizierung von 18.000 Haushalten), Brasilien („Luz Para Todos“, bislang Elektrifizierung ½ Mio. Haushalte) und vielen lateinamerikanischen Staaten (z. B. Argentinien, Bolivien, Chile, Guatemala, Mexiko, Nicaragua, Peru) sowie Ländern Asiens (Bangladesh, Nepal, Philippinen, Sri Lanka, Thailand und Vietnam). In etwa einem Drittel der afrikanischen Staaten gibt es Programme zur Einführung von effizienten Biomasseöfen, die jedoch nur langsam umgesetzt werden (REN21 2005b, 2006, 2009). Im jährlich aktualisierten „Global Status Report“ sind weitere Zahlen zu einzelnen Technologien aufgeführt, ebenso kann man für einzelne Regionen und Länder konkrete Potenziale ermitteln, quantitative Gesamtaussagen bleiben allerdings schwierig.

Auch die internationale Politik hat starken Einfluss auf die Belange der Armen bzw. auf die Einführung und Umsetzung erneuerbarer Energien zur Armutsbekämpfung. Als erstes sind die *Internationalen Vereinbarungen, Ziele und Aktivitäten* zu nennen. Beispiele hierfür sind die bereits erwähnten UN-Millenniumsziele, die Entscheidungen der CSD (Commission for Sustainable Development), die Energiestrategie der Weltbank, die Johannesburg Renewable Energy Koalition, die Aktivitäten des UNDP und des World Energy Council, die Renewables Konferenz mit ihrem Internationalen Aktionsprogramm, genauso wie Netzwerke und strategische Entwicklungsprogramme (z. B. NEPAD, GVEP, REN21, REEEP, Latin American and Caribbean Initiative, Global Market Initiative, etc.). Im Zusammenhang mit den internationalen Klimaverhandlungen wird über die flexiblen Kyoto-Mechanismen CDM und JI (*Clean Development Mechanism* und *Joint Implementation*) u. a. beabsichtigt, den Anteil erneuerbarer Energien in den Entwicklungs- und Schwellenländern zu erhöhen und somit die Treibhausgasemissionen zu reduzieren (BMU 2007a).

Die *Regierungen der Industrienationen* sind ebenfalls als maßgebende Einflussgrößen zu nennen. Nicht nur die Höhe und Zielrichtung ihrer Entwicklungshilfe (Zielwert 0,7% des Bruttonationaleinkommens BNA<sup>6</sup>), sondern auch wirtschaftliche Entscheidungen (Kriterien, die nachhaltige Energienutzung fördern), sowie Bereitstellung von Bildungsmaterial und aktive Information bzw. Bildungsförderung, Förderung der Technologieentwicklung und Handelsförderung neuer Technologien sind nur einige Aspekte,

---

<sup>6</sup> Die im Entwicklungshilfeausschuss der OECD vertretenen Staaten – die so genannten DAC-Mitglieder (DAC – Development Assistance Committee) – und der Europäische Rat haben im Jahr 2005 erneut beschlossen, die ODA bis 2015 auf 0,7 Prozent des BNE zu erhöhen. Allerdings wurde dieses seit 1969 gesetzte Ziel noch in keinem Jahr erreicht (BPB 2006). Die weltweiten Ausgaben des DAC lagen im Jahr 2007 bei 0,28% des BNA und für die DAC-EU-Länder bei 0,39% /BNA (IECD 2009).

bei denen die „Schrauben“ in die Richtung REG und Armutsbekämpfung gedreht werden könnten (Shukla 2006).

Als Einfluss nehmende Akteure sind außerdem Entwicklungsbanken, Finanzgeber und Investoren (Entscheidung über Fördergelder pro höhere Investitionskosten für REG), Projektentwickler (Einbeziehung REG/REN), Hersteller von REG-Technologien (Anpassung an Bedarf im ländlichen Raum der LDCs) und Nichtregierungsorganisationen (Informationsaustausch, Einflussnahme auf Bevölkerung und politische Prozesse) sowie die Presse (Agenda-Setting, Verbreitung von Problemstellungen und good-practice-Beispielen) zu nennen.

Nicht zuletzt sind aber auch die regionalen und lokalen Entscheidungsträger gefragt, denn trotz guter Förderoptionen kann bei geringer Akzeptanz in der Bevölkerung bzw. Ablehnung des Bürgermeisters o. ä. eine erfolgreiche Implementierung scheitern (Shukla 2006).

**Fazit:** Auf den verschiedenen politischen Ebenen und bei verschiedenen Akteursgruppen ist das Wissen um die Dringlichkeit des Themas Armutsbekämpfung vorhanden. Die Verknüpfung mit der verstärkten Bereitstellung erneuerbarer Energien als Mittel zur Armutsbekämpfung ist z. T. in den politischen Maßnahmen und Aktivitäten erkennbar, allerdings werden die positiven Synergieeffekte noch nicht in vollem Maße und mit der genügenden politischen Relevanz in den Fokus gestellt.

#### **1.4.3.1 Einbindung von REG zur Armutsbekämpfung und ländlicher Entwicklung auf den verschiedenen Ebenen der Entwicklungszusammenarbeit**

Im vorherigen Abschnitt wurden die verschiedenen Akteure und ihre Rollen zur Erreichung des politischen Ziels der Armutsbekämpfung dargestellt.

Entlang der verschiedenen Ebenen der Entwicklungszusammenarbeit werden nachfolgend Aspekte benannt, die im Kontext der erneuerbaren Energien und dem Handlungsfeld Armutsbekämpfung stehen. Dabei wird differenziert nach der multilateralen, der finanziellen, der bilateralen und der technischen Zusammenarbeit. Durch die große Bandbreite der beteiligten Akteure und Organisationen kann an dieser Stelle jedoch keine umfassende Darlegung aller möglichen Schritte und der Erreichbarkeit des Ziels der Armutsbekämpfung mittels des Einsatzes erneuerbarer Energien erfolgen.

**Multilaterale Zusammenarbeit.** Als Folge der wenig konkreten Ergebnisse bzgl. der Zielsetzung für erneuerbare Energien bei der Johannesburg-Konferenz (2002) wurde von Seiten der Bundesregierung mit Ausrichtung der *Renewables 2004* in Bonn eine alternative Veranstaltung zu den UN-Verhandlungen angeboten. Der Ansatz der Konferenz beruhte auf freiwilliger Teilnahme und der Einbindung sämtlicher Stakeholder oder Akteure, also nicht nur der Nationalstaaten, sondern auch der Investoren, NROs, Industrie, Gewerkschaften etc.

Viele entscheidende Aspekte für die erfolgreiche Verbreitung der erneuerbaren Energien, u. a. auch als Mittel zur Armutsbekämpfung, sind bereits in den Politikempfehlun-

gen der *Renewables 2004* benannt worden (Renewables 2004a). Dort werden für die internationale Staatengemeinschaft, für Regierungen, Regionen, den Finanzsektor, die Zivilgesellschaft und sonstige Akteure konkrete Handlungsoptionen dargelegt. Die Politikempfehlungen sind ein wichtiges Ergebnis der Konferenz und können als Leitfaden dienen, um die effektive Verbreitung und Implementierung der RETs weltweit umzusetzen.

Im Fortschrittsbericht des Sekretariats, dem die Veröffentlichung und die Evaluierung der etwa 200 Aktionen obliegt, werden der Konferenz, dem Programm und dem gesamten Prozess der Umsetzung ein positives Ergebnis attestiert (REN21 2006). Der Charme des Bottom-up-Ansatzes besteht hiernach in der positiven Besetzung der freiwilligen Aktionen, der Möglichkeit einer Einbindung verschiedener Akteursgruppen (nicht allein der Nationalstaaten) und der Zusammenbindung innerhalb eines Programms, wodurch auch die öffentliche Darstellung und Evaluierung möglich wird.

Bereits seit Anfang der 90er Jahre gab es Überlegungen, die Förderung von erneuerbaren Energien auf internationaler Ebene stärker zu institutionalisieren. Anfang 2009 wurde die lange diskutierte Internationale Agentur für erneuerbare Energien (*IRENA*) in Bonn gegründet, welche die erste internationale Organisation ist, die sich ausschließlich mit erneuerbaren Energien beschäftigt. Die Agentur mit Sitz in Abu Dhabi/Vereinigte Arabische Emirate und 136 Mitgliedsstaaten (IRENA 2009) soll aktiv die Einführung dieser Technologien fördern und somit ähnliche Aufgaben wie die IEA für die fossilen Energieträger übernehmen. Dadurch soll die Lücke zwischen den hohen Potenzialen und dem noch geringen Marktanteil verringert werden. Der Fokus der Arbeit soll daher auf der Optimierung der Rahmenbedingungen, verbessertem Aufbau der Kompetenzen, der Finanzierung und dem Technologie- und Wissenstransfer liegen (vgl. BMU 2005; BMU 2009a).

**Finanzielle Zusammenarbeit / Finanzsektor.** Bei dem G8-Gipfel in Gleneagles (2005) wurden die Weltbank und die Entwicklungsbanken dazu aufgefordert, ein *Clean Energy and Investment Framework (CEIF)* zu erarbeiten, das sich mit den Themenfeldern Energie, Klimawandel und Armutsbekämpfung befasst. Die Weltbank hat als erste einen Bericht hierzu veröffentlicht, bei dem sich die erste der drei behandelten Säulen/Bereiche explizit mit dem Energiezugang für Arme und Energie als Mittel zur Armutsbekämpfung befasst. Dabei wurden die aktuell von den multilateralen Banken angewandten Finanzierungsinstrumente analysiert und für die Erreichung dieses Ziels als im Prinzip ausreichend betrachtet. Trotzdem wird eine Energiesektorreform als notwendig angesehen, um öffentliche und private Investitionen in die Stromerzeugung für arme Regionen attraktiver zu machen bzw. die Anzahl der Zuwendungen zu erhöhen. Zudem plant die Weltbank, Entwicklungsgelder zu erhöhen und Analysen zu dem Thema zu optimieren (VENRO 2007). Ein Beispiel für die Bemühungen der Weltbank ist die im September 2007 ausgeschriebene Initiative „Lighting Africa“. Hiermit sollen bis zum Jahr 2030 insgesamt 250 Millionen Menschen südlich der Sahara Zugang zu moderner Beleuchtung bekommen (Nachhaltigkeitsrat 2007). Im Jahr 2008 erhöhte die Weltbank das Budget für erneuerbare Energien und Energieeffizienzprojekte in Ent-

wicklungsländern merklich. Dieser Investitionsbereich nahm insgesamt 35% des Energiebudgets für das Jahr 2008 ein, im Vergleich zu nur 13% im Jahr 1990 (World Bank 2009).

Ein erfolgreiches Beispiel für die alternative Finanzierung von KleinstunternehmerInnen in Entwicklungsländern sind die Mikrokredite, wie z. B. die mit dem alternativen Nobelpreis ausgezeichnete Organisation Grameen Shakti in Bangladesch (Right Livelihood Award 2007). Über diese *Micro Finance Institutions* (MFIs; Mikrokreditinstitutionen) ist es möglich, ansonsten „nicht-kreditwürdigen“ armen Bevölkerungsgruppen die Finanzierung einer selbständigen Tätigkeit (z. B. mittels einer Ladestationen für Mobiltelefone) zu realistischen und bezahlbaren Konditionen zu ermöglichen. Im asiatischen Raum (v. a. in Indien und Bangladesch) gibt es hierzu viele gute Beispiele und auch Evaluierungsberichte, von denen man für die zukünftige Weiterentwicklung dieses erfolgreichen Instruments lernen kann. Die Finanzierung speziell von erneuerbaren Energien über MFIs wird seit einigen Jahren praktiziert. Ein von der europäischen Kommission finanziertes Projekt hat zum Ziel, ländliche Entwicklung und Armutsbekämpfung in Indonesien und Bangladesch zu fördern, speziell durch die Unterstützung von erneuerbaren Energien, die Förderung von Mikrokrediten und den Aufbau von Kleinstunternehmen (RENDEV 2009).

Neben der Finanzierung durch Mikrokredite können auch über öffentlich-private Partnerschaften (*Public Private Partnerships*, PPPs) Energieprojekte umgesetzt werden (Renewables 2004a). Obwohl durch die Einführung der flexiblen Kyoto-Mechanismen gerade armen Entwicklungsländern auch der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien ermöglicht werden sollte, zeigt die Realität, dass die aktuelle Methodik und Form der Umsetzung vornehmlich Projekte in den Schwellenländern initiiert und erneuerbare Energieprojekte z. B. in den subsaharischen Staaten nicht realisiert werden (BMU 2007a).

Der EU-Fond *Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund* (GEEREF) ist ein weiteres Beispiel für eine finanztechnische Maßnahme zur Förderung nachhaltiger Energien, der als explizites Ziel den Zugang zu nachhaltigen Energiedienstleistungen als Mittel zur Armutsbekämpfung benennt (EIF 2009)<sup>7</sup>.

**Bilaterale Zusammenarbeit.** Die bei den internationalen Politikprozessen und der multilateralen Zusammenarbeit oft bemängelte geringe Umsetzungsquote kann bei Politikprozessen zwischen einzelnen Staaten oder nicht-staatlichen Organisationen, also in der bilateralen Zusammenarbeit, leichter erreicht werden (Ockwell et al., 2006). Ohne die Einigung einer Staatengemeinschaft erreichen zu müssen, können auf dieser Ebene unkomplizierter konkrete Pläne und Programme gefördert werden. Im Rahmen des internationalen Aktionsprogramms der *Renewables* wurden zahlreiche solcher bilateraler Projekte initiiert.

---

<sup>7</sup> Der Fond wurde bereits 2006 von der Europäischen Kommission beschlossen, erste Investitionen starteten aber erst 2009 (EIF 2009).

Beispiele für die Einbeziehung des Aspektes der Armutsbekämpfung aus dem IAP sind (Renewables 2004b):

- EU Energy Initiative for Poverty Eradication and Sustainable Development (EUEI)
- The Role of Small and Medium-scale Renewable Energy Technology Options in Poverty Alleviation in Africa: African Energy Policy
- Promoting low-cost renewable energy options that target the poor in Kenya
- Assessment of priority options for RETs contribution to poverty alleviation in selected sub-regions (Partner: GNESD Global Network on Energy for Sustainable Development)
- Disseminating Renewable Energy for Poverty Alleviation in ESCWA Member Countries (involvierte Partner: United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA); 13 Member Countries from ESCWA region)
- Sustainable Development and Poverty Reduction Unit (PSDU) (involvierte Partner: African Development Bank and its Regional Member Countries)

Weitere Beispiele mit deutscher Beteiligung sind: die *Strategische Partnerschaft für Erneuerbare Energien* zwischen dem BMZ und der *Inter-American Development Bank* (IADB), bei der die Relevanz des Themas verdeutlicht und andererseits Veränderungsprozesse initiiert und Investitionsentscheidungen unterstützt werden (vgl. BMZ 2007) oder die Deutsch-Niederländische Partnerschaft (zwischen niederländischer Regierung und GTZ) *Energising Development (EnDev)*, deren Ziel es ist, fünf Millionen Menschen in Entwicklungsländern Zugang zu moderner Energie zu ermöglichen.

Zwischen den Jahren 2003 und 2008 wurden in dem Programm *Nachhaltige Energie für Entwicklung* des BMZ 1,6 Milliarden Euro für Projekte zur Förderung erneuerbarer Energien ausgegeben und für die nächsten fünf Jahren wurden weitere 2,5 Milliarden Euro allein für erneuerbare Energien zugesagt (BMZ 2009)<sup>8</sup>.

Nicht zuletzt sei auch noch die *Internationale Klimaschutzinitiative* des BMU erwähnt, die seit Frühjahr 2008 Klimaschutzprojekte in Entwicklungs- und Schwellenländern unterstützt. Ein Beispiel für den Einsatz erneuerbarer Energien zur Armutsbekämpfung ist hier ein Projekt in Indonesien zur *Strategische(n) und konzeptionelle Unterstützung des autonomen Dorf-Energie-Programms "Desa Mandiri Energi"*<sup>9</sup> (BMU 2009b).

**Fazit:** Die Ebenen der Zusammenarbeit, in denen REG zur Armutsbekämpfung umgesetzt bzw. auf die politische Agenda gebracht werden können, sind mannigfaltig. Es gibt viele positive Beispiele gelungener Zusammenarbeit oder Förderungen, die aber

---

<sup>8</sup> Die Fülle der von der GTZ durchgeführten Programme zur Förderung der erneuerbaren Energien, die auch den Aspekt der Armutsbekämpfung mit einbeziehen, kann hier nicht aufgeführt werden, findet sich aber auf der entsprechenden Internetseite der Organisation.  
<http://www.gtz.de/de/themen/umwelt-infrastruktur/energie/3093.htm>

<sup>9</sup> [http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/internationale\\_klimaschutzinitiative/projekte/doc/43196.php](http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/internationale_klimaschutzinitiative/projekte/doc/43196.php)

angesichts der Größe der Problematik und des Bedarfs an breiter Implementierung und Umsetzung von REG noch nicht ausreichend sind.

#### **1.4.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Die Hemmnisse für die Umsetzung und Einführung von REG zur Bekämpfung der Armut und Erreichung der anderen MDGs sind vielfältig. Nachfolgend werden vier Arten von Barrieren kurz angesprochen (vgl. BMU 2007a):

- Finanzielle und wirtschaftliche Barrieren
- Institutionelle und politische Barrieren
- Technische Barrieren
- Barrieren durch Informations- und Bildungsmangel

**Finanzielle und wirtschaftliche Barrieren.** Hohe Investitionskosten für REG sind gerade in verarmten Bevölkerungsschichten der entscheidende Grund für das Verharren bei der traditionellen Energieversorgung. Selbst die Mittel für effektivere Holzöfen mit geringen Investitionskosten von 10 US \$ – 50 US \$ (IEA 2006) können oft nicht aufgebracht werden. Genauso stehen aber auch die Kosten für einen Netzanschluss weit über dem finanziell Machbaren. Die mangelnde Kreditwürdigkeit der armen Bevölkerung einerseits und die Skepsis gegenüber modernen REG-Technologien aus Sicht der Finanzinstitutionen andererseits erschweren die Finanzierung solcher Anschaffungen enorm. Müssen Anlagen importiert oder weit transportiert werden, fallen Importzölle bzw. Transaktionskosten an. Bei Entwicklungsprojekten sind die Folgekosten oftmals nicht mit einkalkuliert, weshalb die Anlagen bei Reparatur oder Wartungsbedarf nicht weiter genutzt werden. Zudem haben höhere Ölpreise auch negative Auswirkungen auf den Übergang zu REG, da generell weniger Finanzmittel zur Verfügung stehen (BMU 2007a; IPCC 2000).

Trotz der CEIF der Weltbank und der Entwicklungsbanken bleibt die Kritik vieler NGOs an den multilateralen Banken groß und die aktuellen und avisierten Maßnahmen werden als nicht ausreichend angesehen, um die Millenniumsentwicklungsziele zu erreichen. Es wird daher ein Paradigmen-Wechsel gefordert, der darauf abzielt, viel mehr Geld in erneuerbare Energien, Energieeffizienz und nachhaltige Transportsysteme zu investieren, als es bei der aktuellen Finanzierungspraxis der Fall ist. Die in der Vergangenheit praktizierte und von den Banken favorisierte Subventionierung von Großprojekten mit Nutzung fossiler Energieträger wird als nicht übereinstimmend mit den aktuellen Zielen zur Eindämmung des Klimawandels und der MDGs betrachtet. Eine stärkere öffentliche Sensibilisierung für diese Diskrepanz zwischen den ambitionierten politischen Zielen der Industriestaaten und der EU und der Finanzierungspraxis der von ihnen mitfinanzierten Banken und Projekte wäre aus Sicht der NGOs angebracht, um Veränderungsprozesse zu forcieren (VENRO 2007).

**Institutionelle und politische Barrieren.** Das Ziel der Politik bezüglich Einsatz und Förderung von REG ist oft nicht klar gesteckt (Konfliktfeld der Interessen). Daneben sind auch die Zuständigkeiten in Ministerien und Agenturen oft nicht eindeutig. Auch die hierarchischen Strukturen in öffentlichen Institutionen können die Einbringung neuer Lösungsansätze verhindern. Ein großer „Hemmschuh“ für die Einführung von REG ist in vielen Ländern der monopolistische Energiemarkt sowie die Subventionierung konventioneller fossiler Energieträger. Zudem besteht ein Mangel an Bewusstsein über die Potenziale für eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energieträger, deren Stellung im Vergleich zur etablierten konventionellen Energienutzung schwach ist. Besonders deutlich erkennbar ist die Diskrepanz der (weltweit höchsten) REG-Potenziale in Ägypten im Verhältnis zu den nachteiligen Umsetzungsbedingungen vor Ort (z. B. kein garantierter Netzzugang; hohe Subventionen heimischen Gases; keine klaren Rahmenbedingungen; keine Anreizprogramme; Mangel an technischen und personellen Kapazitäten etc. (vgl. BMU 2007a; Shukla 2006).

**Technische Barrieren.** Technologien müssen an die Gegebenheiten vor Ort angepasst werden. Dies ist oftmals nicht ausreichend möglich und die resultierende schlechte Qualität kann sich nachteilig auf die Akzeptanz von REG auswirken. Materialien und Fertigungsanlagen für die Produktion vor Ort sind oft nicht vorhanden bzw. die Technologieentwicklung nicht genügend ausgereift. Eine Stromversorgung über Netze ist gerade in den ländlichen armen Gebieten meist nicht gegeben, was allerdings auch die Möglichkeiten einer dezentralen Versorgung mittels erneuerbarer Energiesysteme eröffnet. Bei der ländlichen Elektrifizierung betonen Meier und Munasinghe (2005), dass es unabdingbar ist, vor Ort den Betrieb und die Wartungsarbeiten zu regeln und nicht über eine zentrale Stelle weit entfernt vom tatsächlichen Geschehen (Shukla 2006).

**Informations- und Bildungsmangel.** Oft besteht ein Mangel an gut ausgebildetem Personal, sowohl für Installierung und Instandsetzung/Wartung der Anlagen, als auch für nachhaltige Finanzierung und Implementierung (vgl. Meier & Munasinghe 2005). Allgemein ist auch bei Entscheidungsträgern und Projektentwicklern ein Mangel an Wissen und Bewusstsein für die Vorteile moderner Energiebereitstellung und erneuerbaren Technologien, sowie unzureichendes Wissen der Endnutzer festzustellen. Die gesellschaftliche Partizipation bei der Umsetzung von Strategien der Armutsbekämpfung findet oft keine Berücksichtigung. Die meisten Auswertungen ländlicher Elektrifizierungsprogramme fokussieren sich rein auf quantifizierbare Ergebnisse und lassen die sozio-ökonomischen Auswirkungen außer Acht. Hierdurch können die genauen Bedürfnisse der Landbevölkerung nicht berücksichtigt und somit auch nicht in die Verbesserungen einbezogen werden (IPCC 2000; Shukla 2006; BMU 2007a).

<p><b>Fazit:</b> Die Gründe für eine verlangsamte Implementierung erneuerbarer Energien in vielen Entwicklungsländern und ländlichen Regionen der Schwellenländer sind vielschichtig (wirtschaftliche, technische, sozio-ökonomische, politische, institutionelle, bildungspolitische Barrieren).</p>
---

Diese Hemmnisse sind bekannt, ihre Überwindung hängt allerdings von vielen Faktoren ab, die von einzelnen multi- oder bilateralen Förderprogrammen nicht überwunden werden können. Internationale, nationale und auch regionale Anstrengungen zur Verbesserung der unvorteilhaften Ausgangsbedingungen sind daher von Nöten.

#### 1.4.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte

**Relevanz von REG bei der Armutsbekämpfung.** Die Zusammenhänge zwischen Armut, verzögerter Entwicklung des ländlichen Raums und mangelnder Energieversorgung sind eindeutig. Dabei sind gerade im ländlichen Bereich hohe Potenziale für die dezentrale Nutzung von erneuerbaren Energien vorhanden, mit denen energiebezogene Grundbedürfnisse wie Essenzubereitung, Antriebsenergie und Elektrizität gedeckt werden können. Im Kontext der internationalen Entwicklungszusammenarbeit werden die hohen Potenziale und Chancen des Einsatzes erneuerbarer Energien für die Armutsreduktion gesehen und deren Implementierung auch über diverse Programme und auf verschiedenen Akteursebenen gefördert.

**Derzeitige Rolle der Armutsbekämpfung in der politischen Instrumentenlandschaft bzgl. REG-Förderung.** Die Ebenen der Zusammenarbeit, in denen REG zur Armutsbekämpfung aktuell gefördert werden, sind zahlreich. Es gibt viele positive Beispiele, die aber angesichts der Größe der Problematik der weltweiten Armut und des Bedarfs an breiter Implementierung und Umsetzung von REG noch nicht ausreichend sind.

Die Förderung über einzelne multi- oder bilaterale Entwicklungsprogramme reicht nicht aus, um die mannigfaltigen Barrieren zu überwinden, welche die schnelle und breit angelegte Implementierung von REG behindern. Neben den oft ungünstigen Rahmenbedingungen vor Ort, wie Mangel an technischen Fachkräften, institutionellen und politischen Hürden, ist v. a. auch der Mangel an nachhaltigen Finanzierungsmöglichkeiten ein Hemmschuh für die konkrete Umsetzung in den Entwicklungs- und Schwellenländern.

Trotz der gewonnenen Erfahrungen, dass die Lebensbedingungen armer Bevölkerungsschichten durch den Zugang zu moderner und nachhaltiger Energie verbessert werden können, werden die hohen Synergieeffekte noch nicht auf allen Ebenen der Politik und Finanzinstitutionen wahrgenommen. Es bedarf aber gemeinsamer Anstrengungen – international, national und regional - um die unvorteilhaften Ausgangsbedingungen zu verbessern und auch die Fördermaßnahmen zu optimieren.

In den vorherigen Abschnitten wurde bereits deutlich, dass es eine Vielzahl an Handlungsfeldern gibt, die optimiert werden könnten, um die Armutsbekämpfung durch den Einsatz erneuerbarer Energien zu unterstützen. Nachfolgend sind die wichtigsten Aspekte aufgelistet:

- Optimierung der nationalen Rahmenbedingungen und Anreizschaffung für den Ausbau von REG

- Verbesserung und Schaffung nachhaltiger Finanzierungsmöglichkeiten für REG in Entwicklungsländern (national und international)
- Stärkere Verknüpfung der Aspekte der nachhaltigen Energieversorgung mit den Zielen der Armutsbekämpfung (auf nationaler und internationaler Ebene)
- Potenziale und Chancen der REG für einzelne Länder verdeutlichen
- Förderung der technischen und universitären Ausbildung (zum Thema REG; Projektmanagement; Finanzierung) in den Entwicklungs- und Schwellenländern
- Optimierte und einheitliche Evaluierung der bisherigen Erfahrungen in der REG-Förderung mit Blickpunkt Armutsbekämpfung; Erfahrungsaustausch und dadurch Optimierung der bestehenden und zukünftigen Programme
- Verstärkte Technologiekooperation, nicht nur Nord-Süd, sondern auch Süd-Süd

## 1.5 Innovationsfähigkeit und Unternehmensgründungen

Als Vorbereitung für die nachfolgende Untersuchung des Zusammenhangs von REG und Innovationen sowie Gründungen werden zunächst relevante Fachbegriffe erklärt und zu untersuchende Hypothesen aufgestellt.

### 1.5.1 Definitionen

Unter **Innovation**<sup>10</sup> wird im Deutschen sinngemäß eine neue Idee und/oder Erfindung sowie ihre wirtschaftliche Umsetzung verstanden, was sie von der Invention (neue Idee begrenzt auf die vormarktl. Phase) unterscheidet (Wikipedia 2007). Dies deckt sich mit der Definition der EU, dass eine Innovation „...die Einführung, Aneignung und erfolgreiche Verwendung einer Neuerung in Wirtschaft und Gesellschaft.“ umfasst (EU Scadplus 2003). Innovationen werden demnach auf Unternehmensebene entwickelt und realisiert. Dabei kann zum einen zwischen Produkt-, Verfahrens- und Management-Innovationen und zum anderen zwischen radikalen, inkrementellen und additiven Innovationen unterschieden werden.

Die **Innovationsfähigkeit**<sup>11</sup> eines Landes oder von Branchen kann demnach wie folgt unterschiedlich erfasst und bewertet werden:

- Zum einen auf der Basis von durchgeführten Innovationen als unmittelbares empirisches Maß für die Innovationsfähigkeit. Als Indikatoren hierfür bieten sich an: die

---

<sup>10</sup> Wörtliche Bedeutung von Innovation: „Neuerung“ oder „Erneuerung“; abgeleitet von den lateinischen Begriffen novus „neu“ und innovatio „etwas neu Geschaffenes“.

<sup>11</sup> Im Hinblick auf die allgemeine Innovationsfähigkeit von Sektoren und Branchen in Deutschland sei unter anderem auf die einschlägigen Berichte von wissenschaftlichen Einrichtungen (z. B. dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) mit seinem Branchenreport Innovation), von verschiedenen Ministerien (z. B. dem BMBF und dem NRW-MIWFT) und von Initiativen der EU (z. B. European TrendChart on Innovation) hingewiesen.

Anzahl erfolgreicher innovativer Projekte und Produkte, die Anzahl an Innovatoren<sup>12</sup> und/oder der Anteil von Innovationen am Umsatz (Innovationsintensität);

- Zum anderen auf der Basis von Aufwendungen und Aktivitäten für Innovationen als mittelbares empirisches Maß für das Innovationspotenzial. Als Indikatoren kommen in diesem Fall z. B. die Innovationsaufwendungen und die Anzahl innovativer Unternehmen sowie die einschlägigen politischen Rahmenbedingungen in Betracht.

Bei der Untersuchung und Bewertung von Innovationen anhand von Indikatoren ist allerdings zu berücksichtigen, dass sie nach dem *Innovationssystemansatz* immer eingebettet in das politische, soziale, organisatorische und wirtschaftliche System stattfinden (ISI 2006, 3). Demnach gibt es eine Vielzahl von Faktoren, die eine Innovation beeinflussen und begründen. Ferner gehören rekursive Wirkungen zu den zentralen Eigenschaften von Innovationen<sup>13</sup>. „Die wesentlichste und weitreichendste Implikation des Innovationssystem-Ansatzes ist jedoch, dass es keinen "optimalen" Weg zu Innovationen und technischem Fortschritt gibt. Innovationssysteme können sich in ihrer Konfiguration unterscheiden und dennoch ein ähnliches Ergebnis erzielen. Umgekehrt können ähnlich aufgebaute Innovationssysteme zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen führen, wenn sich beispielsweise die kulturellen Systeme unterscheiden.“ (ebd.). Innovationsprozesse und ihre Erfolgsfaktoren sind daher zunächst immer individuell einzuordnen, sind nur bedingt übertragbar und müssen diesbezüglich genauer analysiert werden.

Inventionen und Innovationen sind ein wesentlicher Faktor für **Existenzgründungen**, d. h. die Realisierung einer beruflichen Selbstständigkeit bzw. eine Unternehmensgründung. Sie erfolgt durch Beginn der Geschäftstätigkeit, formaljuristisch durch die Gewerbeanmeldung oder bei freien Berufen durch Anmeldung der freiberuflichen Tätigkeit beim zuständigen Finanzamt ([www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)). Dabei können je nach Initiator und Struktur verschiedene Gründungs-Typen (z. B. Einzel- oder Betriebsgründungen, Übernahmen und Joint-Ventures) sowie verschiedene Phasen (z. B. Entstehungs- bis Konsolidierungsphase) unterschieden werden, siehe Koch et al. (2001).

### 1.5.2 Hypothesen und Analyse

Folgende Hypothesen zum Zusammenhang zwischen REG und Innovationen bzw. Gründungen werden formuliert:

- Innovationen im REG-Bereich wurden zunächst überwiegend durch demand pull Faktoren wie dem EEG (Strom), dem MAP (Wärme) und der Steuerbefreiung für

<sup>12</sup> Innovatoren sind Unternehmen, die innerhalb eines zurückliegenden Dreijahreszeitraumes zumindest ein Innovationsprojekt erfolgreich abgeschlossen haben. (ZEW et al. 2006)

<sup>13</sup> „So konnten beispielsweise Ophem et al. (2002) empirisch belegen, dass es nicht nur einen positiven Einfluss von F&E-Ausgaben auf die Anzahl der Patente gibt, sondern umgekehrt auch ein positiver – wenngleich zeitverzögerter – Einfluss der Patentanmeldungen auf die F&E-Ausgaben besteht.“ (ebd.)

Biokraftstoffe angestoßen. Umgekehrt wirken sie ihrerseits als technology push Faktoren positiv auf den REG-Ausbau (z. B. durch größere und effizientere Anlagen) und die weitere Entwicklung der Förderung (z. B. durch die erzielten Kosteneinsparungen) und helfen damit, die Rahmenbedingungen für weitere Innovationen und F&E zu verbessern. Insgesamt bedingen und ergänzen sich die demand pull- und technology push-Faktoren im Zeitverlauf gegenseitig.

- Innovationen sind von Sparte zu Sparte verschieden, von Unternehmensstrategien und erreichten Marktlebenszyklusphasen abhängig. Junge Unternehmen sind oft zugleich Innovatoren, verfügen aber in der Regel noch nicht über große Mittel für (neue) Innovationen und F&E. Etablierte Unternehmen weisen im Vergleich dazu in der Regel sowohl ein hohes Aktivitäts- als auch Fähigkeitspotenzial auf, dessen Erschließung hängt jedoch wesentlich von der jeweiligen Unternehmensstrategie ab.
- Die Innovationsfähigkeit der REG-Branche ist vergleichbar hoch wie diejenige der übergeordneten Branchen (z. B. Maschinenbau) und Garant für die internationale Wettbewerbsfähigkeit, die sich in zunehmenden Exportanteilen darstellt.
- Gründungen sind abhängig von den jeweiligen Marktlebenszyklusphasen. Die Intensität ist während der Marktentstehung am höchsten, beginnt dann während der Etablierungs- und Wachstumsphase zu stagnieren und geht schließlich in der Konsolidierungsphase sogar wieder zurück. Die Gründungen verschieben sich dabei zunehmend von technikintensiven zu dienstleistungsorientierten Unternehmen. Tab. 1-9 fasst diesbezüglich die Ergebnisse einer vereinfachten qualitativen eigenen Abschätzung der Marktlebenszyklusphasen und darauf aufbauend abgeleitete Gründungsraten und -bereiche zusammen.
- Gründungen sind abhängig von der Förderung von F&E und der Markteinführung. Je höher die Förderung, desto höher fallen prinzipiell auch Innovationskraft bzw. Marktwachstum und darauf aufbauend Gründungsdaten<sup>14</sup>. Angesichts der stark schwankenden Höhe der Fördermittel für REG im Zeitverlauf, ist mit einer wechselhaften Wirkung auf das Gründungsgeschehen im REG-Bereich zu rechnen.
- Gründungen sind abhängig von der Kapitalintensivität der jeweiligen Branche. Je höher die benötigten Einstiegsinvestitionen für z. B. die technische Ausrüstung sind, desto weniger Akteure kommen für eine Gründung in Frage. Dies dürfte besonders auf die Branchen Geothermie-Kraftwerke und Offshore-Windkraft zutreffen. Der Schwerpunkt von Gründungen dürfte daher hier von Anfang an eher im Dienstleistungs- als im Technikbereich liegen.

---

<sup>14</sup> Dies wird im Fall der F&E-Förderung allerdings häufig erst zeitversetzt erfolgen und zudem von Struktur und Schwerpunkt der Forschung abhängig sein. F&E-Programme können daher nur ein grober Indikator für ein daraus abgeleitetes Gründungspotenzial sein.

Tab. 1-9. Abschätzung von Marktlebenszyklusphase und damit verbundenem Gründungsgeschehen für die REG-Sparten

REG-Sparte	Marktlebenszyklusphase	Gründungsraten	Gründungsbereich
Biomasse	Wachstums-/Konsolidierungsphase	Mittel bis niedrig, stagnierend	Zunehmend Dienstleistung
Geothermie	Entstehungsphase	Groß, zunehmend	Überwiegend Technik
Photovoltaik	Wachstums-/Konsolidierungsphase	Mittel bis niedrig, stagnierend	Zunehmend Dienstleistung
Solarthermie	Etablierungs-/Wachstumsphase	Groß bis mittel, stagnierend	Eher noch Technik plus zunehmend Dienstleistung
Wasserkraft	Konsolidierungsphase	Niedrig, stagnierend bis rückläufig	Überwiegend Dienstleistung
Windkraft (onshore)	Konsolidierungsphase	Niedrig, stagnierend bis rückläufig	Überwiegend Dienstleistung

Quelle: Eigene Bewertung und Darstellung.

### 1.5.2.1 Zusammenhang von REG, Innovationen und Gründungen

Für ein besseres Verständnis und eine bessere Einordnung des Beitrages und der Bedeutung von erneuerbaren Energien für Innovationen und Gründungen wird nachfolgend zunächst ein Überblick über die allgemeine Situation in Deutschland gegeben und aufgezeigt, warum für REG diesbezüglich (noch) keine systematischen Aussagen möglich sind.

**Innovationen und erneuerbare Energien.** Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft werden seit dem Jahr 1993 jedes Jahr federführend<sup>15</sup> vom Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mittels Umfragen erhoben und in Berichtsform veröffentlicht. Diese Innovationserhebung basiert auf einem repräsentativen Querschnitt von 5.000 Unternehmen und wird explizit für 13 Branchen des verarbeitenden Gewerbes und 10 Dienstleistungsbranchen durchgeführt und ausgewertet (ZEW 2007a/b). Demnach werden z. B. für den Industriezweig Maschinenbau und den Sektor Verarbeitendes Gewerbe insgesamt verschiedene Innovationsindikatoren ermittelt. Es bleibt aber offen, ob und inwieweit diese Indikatoren auch für denjenigen Teil der Maschinenbau-Branche gelten, der dem REG-Bereich zugeordnet werden könnte. Ferner kann aufgrund mangelnder Informationen und aus Datenschutzgründen kaum geklärt werden, inwieweit Unternehmen aus dem REG-Bereich befragt wurden bzw. an der Erhebung teilgenommen haben.

<sup>15</sup> In Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) und dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).

Dies gilt auch für die zusätzlichen Untersuchungen von Innovationen durch den Stifterverband für die deutsche Wirtschaft, bei dem alle F&E<sup>16</sup>-aktiven Unternehmen sogar bis zur vierstelligen Gliederungstiefe der offiziellen Wirtschaftszweig-Systematik berücksichtigt werden (Rammer 2009). Ausschlaggebend hierfür ist der Umstand, dass es sich bei den REG häufig um Querschnittstechniken und –produkte handelt, die nur schwer den befragten Unternehmen – dies gilt insbesondere für breit aufgestellte Konzerne wie z. B. Siemens – und ihren diversen Aktivitäten zugeordnet werden können. Für entsprechende Erhebungen von Innovationen im REG-Bereich steht bisher keine geeignete Grundgesamtheit von Unternehmen zur Verfügung, so dass systematische Analysen, die mit anderen Wirtschaftszweigen verglichen werden könnten, bisher nicht durchgeführt wurden und zunächst auch gar nicht möglich sind.

Vor diesem Hintergrund ist es daher nicht möglich, obige Hypothesen abschließend zu verifizieren oder zu falsifizieren, da einschlägige Studien und Daten fehlen. Stattdessen wird nachfolgend anhand von ausgewählten Beispielen in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie auf deren Beiträge zur Innovationsfähigkeit und zum Innovationspotenzial der REG-Branche für Deutschland eingegangen.

Im Bereich der **Photovoltaik** sind folgende beispielhaft ausgewählte Innovationen, innovative Trends und damit verbundene Entwicklungen zu nennen:

- Der Spitzen-Wirkungsgrad von noch nicht kommerziell erhältlichen Solarzellen konnte in den F&E-Laboren bisher kontinuierlich gesteigert werden und dann zeitversetzt und bis zu einem bestimmten Umfang auch auf kommerzielle PV-Module übertragen werden. Dabei spielen deutsche Forschungseinrichtungen in vielen Fällen eine herausragende Rolle<sup>17</sup> und stellen immer wieder neue Rekorde auf. Hierzu gehören aktuell z. B. ein Wirkungsgrad von 41,1% für Mehrfachsolarzellen (neuer Weltrekord) durch das Fh-ISE<sup>18</sup> (Freiburg) sowie 19,6% für CIS-Zellen (Europarekord) in vorindustrieller Fertigung durch das ZSW<sup>19</sup> (Stuttgart) (ISE 2009; ZSW 2009).
- Im Zusammenhang mit der Erschließung von Märkten mit einem hohen Angebot an Solarstrahlung (wie z. B. Spanien) werden beispielsweise neue optische Systemkomponenten für konzentrierende Systeme (z. B. Fa. Concentrix in Freiburg) und nachführende Systeme (so genannte „Tracker“ z. B. von der Fa. City Solar Group aus Bad Kreuznach) in den Markt eingeführt.
- Die Fertigung wird zum einen – parallel zur vertikalen Integration der Unternehmen – in Richtung vollintegrierter Anlagentechnik weiterentwickelt. Zum anderen wird ak-

---

<sup>16</sup> F&E = Forschung- und Entwicklung

<sup>17</sup> Dies gilt übrigens auch für den Bereich der Systemkomponenten. Zum Beispiel hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fh-ISE) mit 99,03 Prozent einen neuen Weltrekord für den Wirkungsgrad von Photovoltaik-Wechselrichtern aufgestellt. (ISE 2009)

<sup>18</sup> Fraunhofer-Institut für Solar Energiesysteme (Fh-ISE)

<sup>19</sup> Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung

tuell eine erhebliche Hochskalierung der bisherigen Produktionsgröße im MW-Bereich auf den GW-Bereich verfolgt, bei der Erfahrungen aus der Automobil- auf die Photovoltaikindustrie übertragen werden (Innovationsreport 2007).

- Neben diesen Einzelbeispielen zeichnet sich die PV-Branche entlang der gesamten Wertschöpfungskette (einschließlich der Grundlagenforschung) durch eine Vielzahl an Innovationsaktivitäten aus. Sie reichen von einer Reihe innovativer Zellendesigns über neue Verfahren zur Gewinnung von Solarsilizium und verbesserte Fertigungstechnik bis hin zum Angebot neuer Dienstleistungen.
- In diesem Kontext sind die Investitionen der PV-Unternehmen in Forschung und Entwicklung zu sehen, deren Anteil am Umsatz – die sogenannte Innovationsintensität – im Zeitraum von 2001 bis 2008 nach Angaben des Bundesverbandes Solarwirtschaft (BSW) zwischen 1,8 und 3,5% und im Mittel bei 2,7% lag. Der Innovationsanteil der PV-Industrie liegt damit gleich hoch wie derjenige der Gesamtwirtschaft (2007: 2,7%), aber deutlich niedriger als der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes (2007: 4,8%).

Der Bereich **Windenergie** zeichnet sich ebenfalls durch wichtige Innovationen, innovative Trends und damit verbundene Entwicklungen aus:

- Die Nennleistung der eingesetzten Anlagen wurde kontinuierlich gesteigert<sup>20</sup>, von durchschnittlich ca. 150 kWel pro Anlage 1990 über gut 1.100 kWel pro Anlage 2000 bis auf heute etwa 1.900 kWel (siehe Abb. 1-2. Entwicklung der mittleren Anlagengröße von 1997 bis 2008). Die zuletzt langsamer zunehmende Größensteigerung beruht darauf, dass hauptsächlich Anlagen der 2-MW Klasse errichtet wurden, obwohl auch größere Anlagen verfügbar sind (Dewi 2009).
- Für die Erfassung der aktuell eingespeisten Windleistung wurde bereits frühzeitig ein Online-Monitoring-System entwickelt, welches nunmehr, ergänzt durch verschiedene Systeme für die Windprognose, von den Netzbetreibern für ihre System- und Betriebsführung eingesetzt wird.
- Die Konzeption, Realisierung und Zertifizierung von Anlagen mit Eigenschaften analog zu konventionellen Kraftwerken, um z. B. das Netz in Fehlerfällen zu stützen oder Dienstleistungen wie Blindleistungskompensation bereitzustellen. Diese Eigenschaften werden nunmehr durch das novellierte, ab 01.01.2009 gültige EEG zunächst für Neuanlagen, später auch für Bestandsanlagen gefordert.
- Die Zahl der wissenschaftlichen Institute bzw. Einrichtungen, die sich mit der Windenergie befassen, ist im Zeitverlauf deutlich angewachsen. Zudem haben einige Hersteller entweder neue F&E-Zentren gegründet und/oder ihre bestehenden F&E-Zentren weiter ausgebaut (Neue Energie 2004, 2006). Darüber hinaus nehmen

---

<sup>20</sup> Dies wurde vor allem durch eine ständige Vergrößerung von Nabenhöhe und Rotordurchmesser erreicht.

Vernetzung und Kooperationen unter den bestehenden Forschungseinrichtungen zu. Zum Beispiel wurde die Universität Bremen neben den Universitäten in Oldenburg und Hannover neuer Partner bei ForWind, dem norddeutschen Zentrum für Windenergieforschung, und bildet mit den anderen Universitäten zusammen das Cluster „germanwind – Windenergiecluster in der Nordwest-Region“ (Forwind 2009).

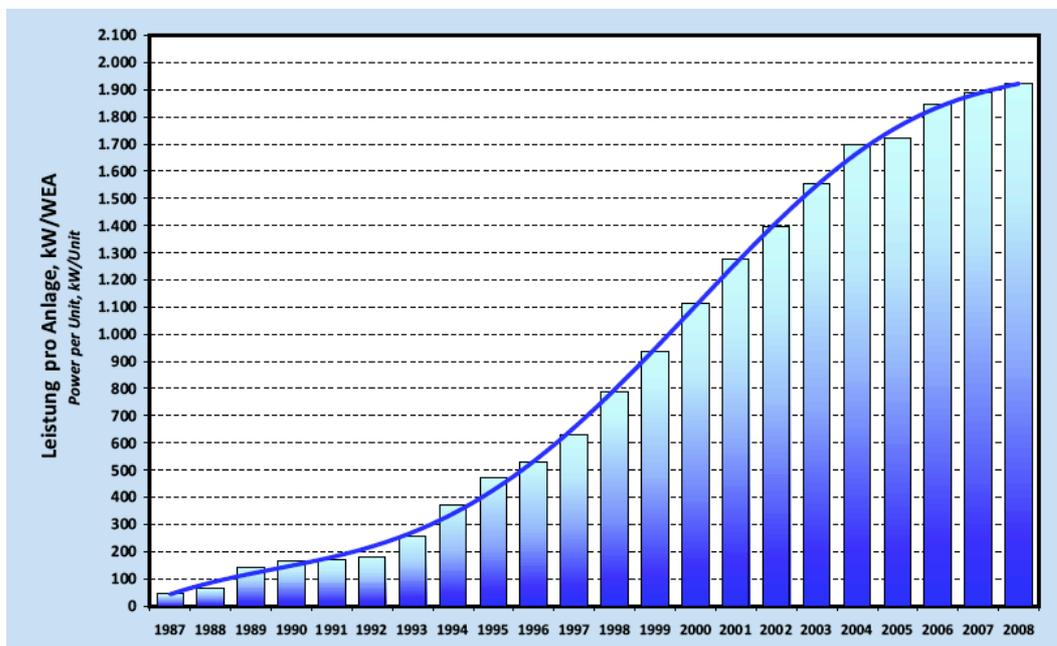


Abb. 1-2. Entwicklung der mittleren Anlagengröße von 1997 bis 2008

Quelle: Dewi 2009

**Gründungen und erneuerbare Energien.** Die aktuelle Lage und Entwicklung von Gründungstätigkeiten in Deutschland wird analog zur o. g. Erhebung zum Thema Innovation ebenfalls regelmäßig mittels Umfragen durchgeführt. Gründungen im Bereich der Hochtechnologie bzw. in den technologieintensiven Wirtschaftszweigen der Industrie bilden dabei einen der Schwerpunkte der Untersuchungen<sup>21</sup>. Hier ist laut aktuellem Bericht seit Jahren ein Rückgang der Gründungszahlen zu beobachten, wobei sich das Gewicht von den industriellen Gründungen zu Gunsten der Dienstleistungsgründungen verschoben hat (ZEW 2006). Spezielle Aussagen oder Ergebnisse zum Bereich der erneuerbare Energien sind hierin allerdings nicht enthalten. Allerdings wird die Energietechnik allgemein aus dem Kreis der befragten Unternehmen zu einem der führenden Zukunftsmärkte im Hinblick auf ihre besondere Bedeutung für die Entwicklung des Unternehmens gezählt (vgl. ZEW 2006, 57ff.). Dabei „... haben die Bereiche Energieeinsparung/Energieeffizienz sowie erneuerbare Energien (insbesondere Solarenergie) das größte Gewicht.“ (ZEW 2006, 58).

<sup>21</sup> Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nicht alle REG Unternehmen zum Hochtechnologiebereich gezählt werden können und diese Erhebung daher nicht den gesamten REG Bereich abdecken kann.

Für eine konkrete Erfassung und Bewertung der Bedeutung von REG für Unternehmensgründungen sind vor diesem Hintergrund neue einschlägige Untersuchungen erforderlich. Gleichwohl weisen folgende Indizien bereits auf die starken positiven Bezüge zwischen REG-Bereich und Gründungen hin.

- Seit 2002 wird jedes Jahr der „Deutsche Gründer Preis“ in verschiedenen Kategorien vergeben. Unternehmen mit einem Tätigkeitsschwerpunkt im REG-Bereich spielen hierbei mittlerweile eine wichtige Rolle, da sie drei von 28 Preisträgern sowie vier von 35 Nominierungen stellen (Gründerpreis 2007).
- Im Zuge der aktuell vorherrschenden Markt- und Unternehmensexpansion werden zumindest von vielen etablierten Unternehmen neue Tochterunternehmen gegründet und neue Standorte erschlossen. In diesem Zusammenhang sind auch die vielfältigen und intensiven Beteiligungs- und Übernahmeaktivitäten der deutschen Firmen zu nennen, die zu den derivaten Gründungen gezählt werden. Im Hinblick auf Unternehmenskäufe im REG-Bereich ist Deutschland mit Abstand das aktivste europäische Land, das ein Drittel aller Erwerbungen (insgesamt 552) zwischen Januar 2001 und Mai 2007 realisieren konnte<sup>22</sup> (Ernst&Young 2007). Auffällig ist dabei die zunehmende Rolle des Kapitalmarktes zur Unternehmensfinanzierung.
- Speziell im Photovoltaikbereich gab es unlängst eine regelrechte Gründungswelle an neuen Solarfabriken, die nahezu ausschließlich in Ostdeutschland errichtet werden (Solarthemen 2007). Zudem wurden von fast allen großen Energieversorgern wie z. B. E.On und Vattenfall eigene Abteilungen oder sogar Töchter mit dem Aufgabenschwerpunkt REG gegründet.
- Am 1. Januar 2009 hat die Fraunhofer-Gesellschaft das neue Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) gegründet. Das IWES besteht aus dem ehemaligen Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) in Bremerhaven und dem Kasseler Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET). Darüber hinaus wird das Fraunhofer IWES auch zwei Fraunhofer-Projektgruppen in Hannover und Oldenburg einrichten. Nach einer Aufbauphase von fünf Jahren sollen im neuen Institut insgesamt mehr als 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Forschung und Entwicklung für nationale und internationale Auftraggeber betreiben (IWES 2009).

---

<sup>22</sup> Zu den aktivsten deutschen Käufern gehörten mit fast 50 Erwerbungen die Photovoltaikunternehmen Conergy, Q-Cells, Solon, Centrosolar und SolarWorld.

**Fazit.** REG-Ausbau sowie Innovationen und Gründungen im REG-Bereich bedingen und ergänzen sich gegenseitig, wobei ein starker Anfangsimpuls dafür im Wesentlichen in der erfolgreichen Gestaltung der Markteinführungsförderung (EEG und z. B. MAP) begründet liegt. Diese und obige Hypothesen für das positive Zusammenwirken von REG-Ausbau und Innovationen bzw. Gründungen lassen sich allerdings nicht durch entsprechende Indikatoren oder Untersuchungen manifestieren, da diesbezüglich Lücken in den einschlägigen Statistiken und Untersuchungen bestehen. Es gibt jedoch viele einzelne Indizien die für eine stabile bis positive Entwicklung von Innovationen und Gründungen im REG-Bereich sprechen.

### **1.5.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Die Unterstützung von Innovatoren und Innovationen sowie von Gründungstätigkeiten gehört zum Stand der laufenden politischen Diskussion. Hierbei geht es um die Gestaltung von entsprechend geeigneten förderlichen Rahmenbedingungen, Vorgaben und Zielen vor allem im Sinne von Forschungs- und Entwicklungs-, Bildungs- sowie Unternehmenspolitik.

Auf europäischer Ebene ist diesbezüglich als ein wichtiger, übergeordneter Rahmen der EU-Vertrag von Lissabon zu nennen, der das Ziel hat, den Anteil von Aufwendungen für Forschung und Entwicklung bis zum Jahr 2010 auf einen Anteil von 3% p. a. des Bruttoinlandsproduktes (BIP) zu steigern. Angesichts des jetzigen BIP-Anteils in Deutschland in Höhe von ca. 2% wird damit die Zielrichtung einer kurzfristigen, anspruchsvollen Steigerung der Mittelbereitstellung für die Forschung und Entwicklung vorgegeben.

Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung beschlossen, in der laufenden Legislaturperiode zusätzlich sechs Milliarden Euro für F&E-Vorhaben bereitzustellen, um neue Impulse für Innovation und Wachstum zu setzen (BMBF 2007). Diese werden in der ersten Phase auf drei Aktionsfelder verteilt. Dabei sollen allein für die Energieforschung, die zum ersten Aktionsfeld gehört, innerhalb des gesamten Programms insgesamt 2 Milliarden Euro gewährt werden, was mit einem Drittel der Gesamtaufwendungen dem weitaus größten Anteil des Programms entspricht. Hierzu gehören unter anderem erneuerbare Energien<sup>23</sup>, für die zunächst zusätzlich 40 Mio. Euro p. a. eingeplant sind (z. B. für ein Testfeld für Offshore Windenergieanlagen). Weitergehende Differenzierungen bezogen auf Themen und Mittelverwendung konnten nicht ermittelt werden.

Für die beiden anderen Aktionsfelder *Stärkung von kleinen und mittleren Unternehmen* sowie *Stärkung des Forschungsstandortes* sind in dem 6-Mrd.-Euro-Programm selber

---

<sup>23</sup> Weitere Technologiefelder der Energieforschung sind: Hocheffiziente konventionelle Kraftwerkstechnologie, Wasserstoff und Brennstoffzellen sowie Endenergie-Effizienz

keine konkreten Bezüge zu REG vorhanden. Hierzu müssten ggf. die jeweiligen Instrumente selber, wie z. B. der High-Tech-Gründerfonds und die Exzellenzinitiative, künftig eingehender analysiert werden.

Parallel zum o. g. 6-Mrd.-Euro-Programm wird eine so genannte „High-Tech-Strategie“ erarbeitet, mittels derer sowohl die Forschungsförderung als auch die Gestaltung von Rahmenbedingungen für ausgewählte High-Tech-Sektoren mittelfristig gebündelt werden sollen. Hierin sind auch generelle, technologiespezifische Zielsetzungen für die F&E-Förderung von REG enthalten, wie z. B. Kostensenkungen. Weitergehende Aussagen konnten nicht ermittelt werden.

Neben diesen allgemeinen nationalen Rahmenbedingungen vor allem im Bereich der F&E-Förderung, mit bisher nur relativ wenigen konkreten Bezügen zum REG Bereich, werden mit den folgenden beiden REG-spezifischen Instrumenten konkrete Anreize für Innovationen im Strom- und Wärmesektor gegeben.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (**EEG**)<sup>24</sup> nimmt seit dem Jahr 2004 auf unterschiedliche Weise Bezug und Einfluss auf Innovationen im Bereich der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Zunächst wird in § 1 EEG, im Unterschied zum vorherigen Gesetzestext aus dem Jahr 2000, ausdrücklich der Zweck verfolgt, die „...Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien zu fördern.“ (EEG 2004; EEG 2009). Dies wird auf zweierlei Arten umgesetzt, einmal mittels konkreter Vergütungsregeln wie Degressionsraten und einmal mit Technologie-Boni. Mit den Degressionsraten (siehe §20 EEG) wird für alle EEG-Sparten ein genereller Impuls zur kostensenkenden Weiterentwicklung der Stromerzeugung aus REG gegeben. Im Fokus stehen demnach hauptsächlich, aber nicht nur, technologische Aspekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette inklusive angrenzender Geschäftsfelder, die zur Kostensenkung beitragen können.

Darüber hinaus wird in den drei EEG-Sparten *Deponie-, Gruben- und Klärgas, Biomasse sowie Photovoltaik* mit Hilfe so genannter Technologie-Boni ein zusätzlicher Anreiz für den Einsatz konkreter innovativer Techniken wie z. B. Brennstoffzellen, Stirlingmotoren und gebäudeintegrierte PV-Anlagen gegeben. Hierzu ist auch der neue Systemdienstleistungsbonus für Windenergieanlagen (siehe §29 und §64) zu zählen, der im Rahmen der letzten EEG-Novellierung im Jahr 2008 eingeführt wurde. Von den Technologie-Boni wurde allerdings bis zur Novellierung nur wenig Gebrauch gemacht (vgl. z.B. IE 2007) und zur aktuellen Gesetzesperiode und den zum Teil neuen Boni liegen noch keine Erkenntnisse vor.

Eine explizite Förderung von Innovationen für die Erzeugung von Wärme aus REG wird im Rahmen des **Marktanreizprogrammes** (MAP) vorgesehen. Laut Zuwendungszweck sollen „Mit der verstärkten Förderung von neuartigen und besonders innovativen Verfahren ... darüber hinaus über einen Innovationsbonus besondere Anrei-

---

<sup>24</sup> Zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 29.07.09

ze für die Marktentwicklung gesetzt werden.“ (BMU 2007). Demnach wird ein Innovationsbonus für bestimmte Anwendungen (z. B. große Solarkollektoranlagen) gewährt, wobei die Höhe der Förderung in diesen Fällen bis zu dem Zwei- oder Dreifachen der Grundförderung betragen kann (BMU 2007). Aufgrund der kurzen Laufzeit des zuletzt im März 2009 geänderten MAP liegen allerdings noch keine Ergebnisse über die Wirkung des Innovationsbonus vor.

**Fazit.** Derzeit sind keine konkreten politischen Ziele für den Beitrag von REG bezogen auf Innovationen oder Gründungen bekannt. Die bestehenden Zielsetzungen im EEG sind stattdessen eher von allgemeiner bzw. qualitativer Natur (siehe Zwecke von EEG und MAP) oder aber übergeordnet und nicht REG-spezifisch wie z. B. das o. g. Lissabon-Ziel der EU. Von daher bestehen Lücken in der Politikforschung und –gestaltung hinsichtlich dieser wichtigen Handlungsfelder für die REG. Um diese zu bearbeiten und möglichst zu schließen, werden die folgenden groben Ansatzpunkte für separat durchzuführende Untersuchungen vorgeschlagen:

- Erstellung eines Überblickes über die geltenden, allgemeinen politischen Zielsetzungen zu Innovationen und Gründungen auf nationaler und europäischer Ebene;
- Auf dieser Basis die Ableitung und/oder Übertragung von Zielen und Zielgrößen im Hinblick auf REG sowie eine Aufstellung von geeigneten Indikatoren für die Erfassung der Beiträge von REG und ihre Einordnung im Vergleich zum Industriesektor insgesamt oder ggf. ausgewählten Industriebranchen;
- Ergänzend exemplarische Erfassung und Auswertung des Status quo bzw. relevanter Trends mittels Umfrage und weiteren Recherchen für eine bis zwei ausgewählte REG-Sparten, differenziert nach Anwendungsbereich (Strom, Wärme und Kraftstoffe).

#### **1.5.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Für die Darstellung und Kurzanalyse von Hemmnissen und Risiken, die im Zusammenhang von REG und Innovationen sowie Gründungen bereits relevant sind oder relevant werden können, wird unterschieden zwischen übergreifenden Aspekten und solchen, die maßgeblich mit der Nutzung der Kernkraft, der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (CCS) sowie einer Steigerung der Energieeffizienz verknüpft sind.

**Generelle Hemmnisse und Risiken.** Umfang und Struktur der Forschungsförderung sind wichtige Faktoren für technologische Innovationen und Innovationsfähigkeit. Je mehr Mittel für die Forschung und Entwicklung – von der Grundlage bis zur Anwendung – bereitstehen, desto eher ist mit Innovationen als Folge von F&E zu rechnen. Erneuerbare Energien stehen diesbezüglich direkt in Konkurrenz zu anderen Energieforschungsfeldern sowie indirekt bei der allgemeinen Verteilung von Forschungsmitteln.

keln. Dabei ist zudem zu berücksichtigen, dass die REG nur teilweise zur Hochtechnologie gezählt werden können<sup>25</sup>, die in der Regel prioritär und mit hohem Mitteleinsatz gefördert wurden. Zudem gibt es für die REG bisher nur wenige Großforschungsprogramme wie z. B. das 250-MW-Wind-Programm oder die Forschungsplattformen zur Offshore-Windkraft, die in der Regel ebenfalls einen großen Teil der gesamten Forschungsmittel beanspruchen. Die REG werden im Vergleich zu den konventionellen Großtechnologien nach wie vor mit weniger Mitteln gefördert. Sie erhalten aktuell – wie zuvor in 2007 – „nur“ rund 45% der Mittel für nicht-nukleare Energieforschung durch BMU und BMWI (Lenz et al. 2009). Dies steht im Widerspruch zu der politisch angestrebten hohen Bedeutung dieser Technologien hinsichtlich Ressourcen-, Umwelt- und Klimaschutz und ist bezogen auf Innovations- und Gründungsfähigkeit als wesentlicher Nachteil zu werten.

Innovationen und Gründungen sind zudem von den Rahmenbedingungen und den Erfahrungen für die Finanzierung der erforderlichen Investitionen abhängig. In diesem Zusammenhang wird z. B. davon berichtet, dass die Möglichkeiten, an Wagniskapital zu kommen, in Deutschland deutlich schlechter seien als in den USA. Für die Innovationsfähigkeit und Gründungen von REG-Unternehmen in Deutschland ist dies zumindest im internationalen Vergleich von Nachteil. Für differenziertere Aussagen diesbezüglich wäre allerdings zum einen eine Erfassung und Bewertung der spezifischen Rahmenbedingungen für die Finanzierung von Innovationen oder Gründungen im REG-Bereich vorzunehmen. Zum anderen wären die bestehenden Beratungsangebote und Unterstützungsinstrumente für Innovationen und Gründungen auf ihre Erfahrungen und ihre Wirksamkeit im REG Bereich zu analysieren (offene Forschungsfrage).

Innovationen und Gründungen sind ferner von der Konjunkturlage und Markteinschätzung abhängig. Bei positiver Entwicklung und/oder Einschätzung kann es zu selbstverstärkenden Effekten wie z. B. höherer Bereitschaft von erfolgreichen Unternehmen für neue Investitionen, steigendem Interesse von „fremden“ Investoren sowie einem möglichen Einstieg von großen, etablierten Unternehmen bzw. Konzernen kommen. Bei negativer Bewertung können hingegen auch zunehmend hemmende Effekte eintreten. Da die Marktentwicklung und –einschätzung nach wie vor stark von den Förderbedingungen für REG abhängt, ist auch die resultierende Wirkung auf Innovationen und Gründungen von der Gestaltung der Rahmenbedingungen abhängig und kann sich schnell von positiv zu negativ – und umgekehrt – verändern. Aufgrund der bisher eher stabilen Entwicklung der Förderbedingungen für REG ist generell eher mit einer positiven Wirkung des Marktes auf die Innovations- und Gründungsfähigkeit zu rechnen.

**Kernenergie.** Die Nutzung der Kernenergie steht in direkter Konkurrenz zur Nutzung und Integration von REG und stellt insofern ein wesentliches Hemmnis für den weite-

---

<sup>25</sup> Nach (ZEW 2006) wird allgemein u. a. die Herstellung von elektronischen Bauelementen, Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren zu den „Hightech“-Branchen gezählt. Hier bestehen Schnittstellen mit dem REG-Bereich.

ren Ausbau und damit auch für Innovations- und Gründungsfähigkeit von REG-Unternehmen dar. Innovationen in diesem Bereich sind zwar technologiespezifisch betrachtet generell wünschenswert, unterstützen aber die weitere Nutzung der Kernenergie und damit deren Konkurrenz zu den REG. Synergieeffekte von technischen Innovationen mit dem REG-Bereich sind zwar nicht undenkbar, aber aufgrund der großen technischen Unterschiede eher unwahrscheinlich.

Ferner findet für den Bereich der Kernenergie – trotz Ausstiegsbeschluss – nach wie vor Forschungsförderung statt, die Mittel bindet, die ansonsten auch prinzipiell den REG hätten zu Gute kommen können (Budgeteffekt). Dies stellt mittelbar ein Hemmnis für eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Innovations- und Gründungsfähigkeit im REG-Bereich dar. Das gilt allerdings nur für den Teil der Forschung – z. B. neue Kraftwerkskonzepte – der aus deutscher bzw. politischer Sicht als nicht notwendig einzustufen ist, im Gegensatz zur weiterhin notwendigen F&E z. B. zu sicherem Rückbau und Endlagerung von Atommüll. Inwieweit „unnötig“ F&E-Mittel für die Kernenergieforschung gebunden werden und potentiell zu Gunsten von REG verschoben werden könnten, ist eine noch offene Forschungsfrage.

**CCS.** Für die von Teilen der Politik und Energiewirtschaft künftig angestrebte Nutzung von CCS gelten prinzipiell die gleichen Aussagen und Wirkungen wie oben zur Kernenergie dargestellt. Auch hier ließen sich grundsätzlich F&E-Mittel zu Gunsten von REG und damit verbunden deren Innovations- und Gründungsfähigkeit verschieben. Allerdings dürfte es hier im Vergleich zur Kernenergieforschung deutlich schwerer fallen, zu beurteilen, inwieweit Fördermittel nicht zielorientiert eingesetzt werden und von daher verschoben werden könnten, da es sich um eine „gewollte“ und kapitalintensive Zukunftstechnologie handelt.

**Energieeffizienz.** Zwischen Steigerung der Energieeffizienz (EF) und REG-Ausbau gibt es prinzipiell ebenfalls eine Konkurrenz um Forschungsmittel<sup>26</sup>, die Auswirkungen auf die jeweilige Innovations- und Gründungsfähigkeit hat. Allerdings stehen diese beiden Bereiche im Unterschied zu Kernenergie und CCS kaum in direkter Konkurrenz hinsichtlich Anwendung und Integration. Hemmnisse aus der Effizienzsteigerung ergeben sich vor allem – z. B. durch bessere Wärmedämmung – für KWK-Anlagen mit REG-Brennstoffeinsatz, die mit sinkender Wärmenachfrage weniger konkurrenzfähig bzw. sinnvoll einsetzbar werden<sup>27</sup>. Ansonsten gilt aber, dass sich REG und EF aus Sicht von Klima- und Ressourcenschutz und aufgrund der geringen Nutzungskonkurrenz insgesamt mehr ergänzen als gegenseitig hemmen.

---

<sup>26</sup> Seit 1990 – bis auf 2002 – überwiegen die F&E-Ausgaben für REG deutlich gegenüber denjenigen für EF (Lenz/Kaltschmitt 2009). Von daher sind diesbezüglich die REG im Vergleich zur EF nicht als benachteiligt anzusehen.

<sup>27</sup> Demgegenüber gibt es mit der Wärmepumpe aber auch eine Technologie, die zum Teil auf REG beruht, die von der Effizienzsteigerung im Wärmebereich profitieren kann.

### **1.5.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte**

Innovationen und darauf basierende Gründungen werden durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Darüber hinaus gehören rekursive Wirkungen zu den zentralen Eigenschaften von Innovationen. Das bedeutet, dass es keinen optimalen Weg zu Innovationen und technischem Fortschritt und damit verbundenen Gründungen gibt. Innovations- und damit verbundene Gründungsprozesse und ihre Erfolgsfaktoren haben einen stark individuellen Charakter und sind nur bedingt auf andere Beispiele oder auch von Branche zu Branche übertragbar bzw. übergeordnet steuerbar.

Erneuerbare Energien gehören bezogen auf die übliche, zweistellige Differenzierung von Wirtschaftszweigen innerhalb von statistischen Erhebungen zu Innovationen und Gründungen zu den Querschnittstechnologien. Aktivitäten in diesem Kontext sind daher nur schwer bis gar nicht zuzuordnen bzw. abzugrenzen, zudem fehlt es an einer eigenen repräsentativen Grundgesamtheit an REG-Unternehmen als Ausgangspunkt tiefergehender Analysen. Innovationen und Gründungen sind für die REG-Industrie bisher nicht systematisch erfasst, untersucht oder dargestellt worden und können daher nicht mit anderen Wirtschaftszweigen, die regelmäßig erfasst und analysiert werden, verglichen werden. Das Themenfeld stellt somit eine erhebliche Forschungslücke im REG-Bereich dar. Allerdings gibt es verschiedene Indizien wie z. B. Anzahl von F&E-Einrichtungen, die auf die Bedeutung von Innovation und Gründungen für den REG-Ausbau/-Markt und positive Entwicklungen in diesen beiden Bereichen hinweisen.

Derzeit sind keine konkreten politischen Ziele für den Beitrag von REG bezogen auf Innovationen oder Gründungen bekannt. Die bestehenden Zielsetzungen zu Innovationen sind stattdessen eher von allgemeiner bzw. qualitativer Natur (siehe Zwecke von EEG und MAP) oder aber übergeordnet und nicht REG-spezifisch wie z. B. das Lissabon-Ziel der EU. Gründungen spielen dagegen bei den Zielsetzungen für REG bisher explizit keine Rolle. Dies diesbezüglichen Politikziele (auch die damit verbundenen Arbeitsplatzpotentiale) werden bisher nur unzureichend adressiert.

## **1.6 Umwelt- und Klimaschutz**

### **1.6.1 Begriffsdefinition**

Der globale Klimawandel hat sich seit Ende der 1980er Jahre als eines der vorrangigsten Probleme der internationalen Umweltpolitik etabliert. Da der Anstieg der Treibhausgaskonzentration in der Erdatmosphäre vor allem durch die Verbrennung fossiler Energien wie Öl, Gas oder Kohle verursacht wird, besteht zudem eine unmittelbare Verknüpfung mit der Verfügbarkeit und Nutzung von Energieressourcen.

Die argumentative Trennung von lokalem und globalem Umweltschutz ist bei der Diskussion verschiedener Einflusssphären sinnvoll. So kann Klimaschutz in diesem Zusammenhang als globaler Umweltschutz verstanden werden, während sich der lokale Umweltschutz aus den direkten physischen Einflüssen durch Eingriffe in die Natur de-

finiert. Für die weitere Analyse im Rahmen des vorliegenden Projekts ist eine solche ansatzweise Definition ausreichend.

Es ist beobachtbare Praxis, dass zwischen lokalem und globalem Umweltschutz immer wieder Konflikte entstehen. Die Nutzung der Windkraft ist hierfür ein Beispiel: einerseits ist die Nutzung der Windkraft ein Mittel, um den globalen Klimawandel abzumildern, andererseits kommt es durch die Errichtung von Windkraftanlagen zu Eingriffen mit teilweise negativen Folgen für die direkte Umwelt.

### 1.6.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** Die Nutzung erneuerbarer Energien wirkt auf die Erreichung von Zielen innerhalb des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz positiv.

Erneuerbare Energien sind in der Klimaschutzdiskussion von zentraler Bedeutung. REG werden daher in sämtlichen Ansätzen zur Eindämmung des anthropogenen Klimawandels als unerlässlicher strategischer Baustein genannt, denn die Gesamtemissionen deren Nutzung sind signifikant niedriger als die Emissionen durch die energetische Nutzung fossiler Energieträger. Entsprechend können die jährlich ausgestoßenen globalen Treibhausgasmengen durch den Einsatz erneuerbarer Energien – als Substitute für fossile Energieträger – gesenkt werden; vgl. hierzu Abb. 1-3. Energie kann also aus erneuerbaren Energiequellen mit geringeren Treibhausgasemissionen bereitgestellt werden als aus fossilen Energieträgern. Dies gilt auch für die Nutzung fossiler Energien in der Stromerzeugung mit Technologien zur Abtrennung von CO<sub>2</sub>.

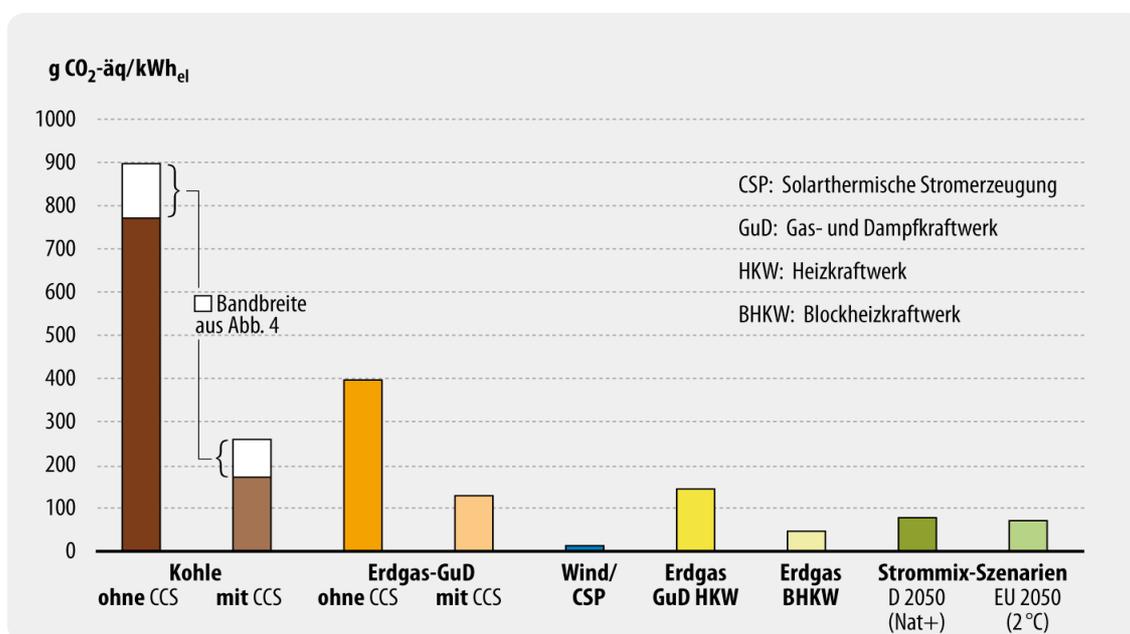


Abb. 1-3. Globale Treibhausgasemissionen aus der Verbrennung von Energieträgern und anderen Quellen. Eigene Darstellung

Auch für den lokalen Umweltschutz sind REG von Bedeutung. Dies kann dadurch gezeigt werden, dass die Schäden, die durch die Bereitstellung und Nutzung fossiler

Energieträger entstehen, im Umkehrschluss durch REG nicht entstanden wären oder entstehen würden. Beispiele hierfür sind (reduzierter) Smog in Großstädten und ausbleibende bergbauliche und landschaftliche Schäden aus der Kohleproduktion (im Tagebau, aber auch im Steinkohle-Bergbau).

Der mögliche Widerstreit zwischen lokalem und globalem Umweltschutz wird am kontrovers diskutierten verstärkten Einsatz von Biotreibstoffen deutlich: Einerseits haben Bio-treibstoffe eine positivere Emissionsbilanz als Treibstoffe aus fossilen Energieträgern, wirken also mildernd auf den Klimawandel. Andererseits kann durch den großmaßstäblichen Anbau so genannter Energiepflanzen Monokulturen mit sämtlichen negativen Begleiterscheinungen für lokale Ökosysteme Vorschub geleistet werden.

### **1.6.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Die Nutzung erneuerbarer Energien wurde gerade durch den Klimawandel vorangetrieben. Jedoch sind Aspekte des lokalen Umweltschutzes nur wenig in der entsprechenden Energiegesetzgebung verankert. Dies ist auch nicht notwendig, da die deutsche Gesetzgebung (oft in Harmonisierung mit Vorgaben aus der Europäischen Union) bereits zahlreiche Regularien zur Nutzung von Umwelträumen erlassen hat. Diese nehmen teils nicht explizit Bezug auf den Einsatz von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Genehmigungsverfahren jedoch regeln die mögliche Beeinträchtigung der Umwelt durch REG-Anlagen. Eine erweiterte Reglementierung der Umweltnutzung durch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien besteht damit nur in Einzelfällen (z. B. Brandrodung von tropischen Regenwäldern für den Anbau von Palmölpflanzen).

Die Erreichung von Klimaschutzzielen durch die Nutzung erneuerbarer Energien kann durch politische Rahmensetzungen auf prinzipiell zwei Arten angestrebt werden:

- a) Direkt durch Formulierung von Ausbauzielen bei der Nutzung erneuerbarer Energien
- b) Indirekt durch Formulierung von Emissionszielen

Eine kritische Analyse deutscher Förderinstrumente (z. B. das EEG) zeigt, dass der Schutz des globalen Klimas und damit der Vielzahl der (auch deutschen) Umwelträume zentrale Antriebe politischer Instrumente zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien sind.

### **1.6.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel**

Hemmnisse für den Ausbau erneuerbarer Energien im Zusammenhang mit dem Klimaschutz ergeben sich teils aus ökonomischen Betrachtungen: hier wird der Einsatz erneuerbarer Energien in einzelnen Untersuchungen mit den Kosten an die Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) verglichen mit dem Resultat, dass die Abmilderung

des Klimawandels durch REG teurer wäre als die Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Dieses Kostenverhältnis verschob sich in den vergangenen Jahren jedoch zunehmend in die Richtung immer höherer Kosten für Anpassungsmaßnahmen.

**Energieeffizienz** als Konkurrenz oder synergetisches Element zu erneuerbaren Energien. Bei der Vorgabe von REG-Zielen wird es voraussichtlich nicht zu einer Konkurrenz zwischen Effizienz und erneuerbaren Energien kommen hinsichtlich einer möglichen Präferenz dieser beiden zentralen Klima- und Umweltschutzoptionen. Bei der Vorgabe von Gesamtverbrauchsmengen fossiler Energieträger am gesamten Energiemix (z. B. über CO<sub>2</sub>-Emissionsziele) hingegen ist eine Konkurrenz vorstellbar. Werden fossile Energieträger (willentlich oder aufgrund struktureller Entwicklungen wie Peak Oil) begrenzt, ergeben sich demgemäß zwei Möglichkeiten: entweder der verstärkte Einsatz von REG oder die ambitioniertere Nutzung von REN-Potentialen.

**Kernenergie.** Bezüglich der Senkung der nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen wäre der Einsatz von Kernenergie eine möglicherweise zielführende Option. In der energiepolitischen Diskussion steht durch die neue Regierungsbildung des Jahres 2009 wieder das Argument in der Diskussion, dass eine Laufzeitverlängerung von Atomkraftwerken dem Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien „mehr Zeit“ geben würde, um die Schwelle zur Wirtschaftlichkeit zu übertreten. Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, ob die Kernenergie in diesem Sinne zu Konkurrenzen oder Synergien mit erneuerbaren Energien führen würde. Ergebnisse dieser Untersuchung wurden im Sommer 2009 in Broschürenform (Titel: Hemmnis Atomkraft. Verfügbar auf der Homepage des Bundesministeriums für Natur, Umwelt und Reaktorsicherheit) veröffentlicht. Siehe hierzu auch Kap. 6.

**CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung (CCS)** könnte eine Konkurrenzsituation für erneuerbare Energien erzeugen, jedoch hängt dies von folgenden Faktoren ab:

- zeitliche Einsatzbereitschaft von CCS
- ressourcenseitige Beschränkungen (z. B. ein globaler Erdgaspeak)
- Konkurrenz um Fördermittel für Forschung und Entwicklung
- Politische Rahmensetzung

CCS könnte die Energiewende zu REG aber möglicherweise auch beschleunigen, wenn zahlreiche Bedingungen erfüllt sind, so die zu erwartende Kostensteigerung von „CCS-Strom“ (Strom, der in CCS-Kraftwerken erzeugt wurde), die Strom aus erneuerbaren Energien früher wettbewerbsfähig macht. Zu diesem Fragenkomplex wurden von Wuppertal Institut bereits verschiedene Untersuchungen durchgeführt, z. B. im Auftrag des BMU die Studie *Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien (RE) mit Carbon Capture and Storage (CCS)* (BMU 2007).

**Bedeutung von Akteuren.** Die Bedeutung von Akteuren und deren Haltungen pro oder contra erneuerbare Energien wird für die internationale Ebene in Kap. 4 ausführlich analysiert und dargestellt. Innerhalb Deutschlands sind kaum mehr Akteure in Poli-

tik, Wirtschaft und Industrie zu finden, die sich gegen den generellen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien aussprechen. Dies trifft auch auf Gruppen zu, die grundlegend die Aufrechterhaltung eines Energiesystems auf Basis fossiler und nuklearer Energieträgern favorisieren. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass eine Ablehnung erneuerbarer Energien politisch nicht mehr opportun und für das Ansehen (Image) der betroffenen Verbände und Unternehmen abträglich ist. Das hat unter anderem dazu geführt, dass ein Akteur wie das Deutsche Atomforum Synergien zwischen der fortgesetzten Nutzung der Kernenergie einerseits und der Nutzung großer Mengen erneuerbarer Energien andererseits sieht. Dass solchen Synergien enge Grenzen gesetzt sind, wurde in der oben genannten Broschüre dargelegt.

## 1.7 Erweiterte Sicherheit für Deutschland im globalen Staatengefüge

### 1.7.1 Begriffsdefinition Erweiterte Sicherheit (engl. broader security)

Erweiterte Sicherheit ist ein sicherheitspolitischer Ansatz, der nicht nur militärische Gefahren, sondern auch andere Ursachen für Krisen und Konflikte als Basis ergreifbarer Maßnahmen der Sicherheitsvorsorge einbezieht. Zu diesen Ursachen gehören ökologische, sozioökonomische, ethnische und andere Risiken (BMVg 2006). Die Sicherheitspolitik der Bundesrepublik Deutschland orientiert sich an diesem Begriff der Erweiterten Sicherheit; das Bundesministerium für Verteidigung nimmt in seinem im Jahr 2006 formulierten Weißbuch Sicherheitspolitik hierauf Bezug. In diesem Sinne sind auch Strukturen der Energieversorgung einer Analyse unter der Maßgabe der Erweiterten Sicherheit zu unterziehen.

### 1.7.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** Die Nutzung erneuerbarer Energien kann einerseits die Schaffung von Sicherheit positiv beeinflussen, andererseits jedoch auch zur Entstehung neuer sicherheitspolitischer Herausforderungen führen.

Prinzipiell ist der Bereich *Sicherheitspolitik* nicht quantitativ fassbar, er setzt an qualitativen Kriterien an. Daher ist auch die Bedeutung erneuerbarer Energien in diesem Bereich nicht entsprechend quantitativ messbar. Einen Bezug zwischen Energie und im speziellen Fall erneuerbare Energien auf der einen Seite und Sicherheitspolitik und sicherheitspolitischen Einflussfaktoren auf der anderen Seite stellen inzwischen jedoch verschiedene wissenschaftliche Veröffentlichungen auf qualitativer Ebene her. Zu diesen gehört ein Forschungsprojekt zur sicherheitspolitischen Bedeutung erneuerbarer Energien, das im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit von Adelphi Consult und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie durchgeführt wurde (Adelphi Consult/Wuppertal Institut 2007).

Die gegenwärtigen Energieversorgungsstrukturen führen mittel- bis langfristig auf nationaler und internationaler Ebene zu einer Destabilisierung vormals stabiler Akteurs-

gefüge im Sinne sinkender Sicherheit bzw. zunehmender Machtungleichheiten. Hierfür sind folgende grundlegenden Entwicklungen verantwortlich:

- Neue Risikolagen als Folge des Klimawandels, der auch durch die Verbrennung fossiler Energieträger ausgelöst wird
- Risiken für kritische Infrastrukturen durch terroristische Anschläge und extreme Wetterereignisse (letzteres bedingt durch den Klimawandel)
- Regionale Konzentration fossiler Energievorräte in wenigen Ländern und speziell in potentiellen Krisengebieten, damit Steigerung politischer Erpressbarkeit wichtiger Verbraucherländer, z. B. Erdöl am Persischen Golf und Erdgas in Russland
- Eingeschränkte strukturelle Verfügbarkeit fossiler Energieträger; dies wird in den letzten Jahren unter dem Begriff Peak Oil diskutiert, also dem Rückgang der Ölproduktion aufgrund schwindender Reserven, die auch durch gesteigerte Investitionen in Ölexploration und -produktion nicht aufgehalten werden kann
- Steigende Energienachfrage in Industrie- und Entwicklungsländern und dadurch schnellere Verknappung von Energieträgern
- Steigende Energiearmut, v.a. in ländlichen Regionen

Bereits in der Vergangenheit wurden Konflikte im Bereich fossiler Energieträger ausgegtragen, die sich aus verschiedenen Quellen speisen. Ein Beispiel sind die kriegerischen Auseinandersetzungen um den Besitz von Ölquellen (Biafra-Krieg in den 1960er Jahren) (Yergin 1991). Im nationalen und internationalen Rahmen haben sich seit Ende des Jahres 2005 konkrete Veränderungen ergeben, die der breiten Diskussion über einzukunftsfähige Energieversorgung weiter den Weg ebneten:

- Die Auswirkungen des Hurrikans Katrina auf die Energieversorgung der USA und die Ölpreisentwicklung;
- Die jüngsten klimawissenschaftlichen Erkenntnisse über Schnelligkeit des Eintretens von Klimaveränderungen sowie die möglichen Auswirkungen;
- Die „Renaissance“ von Energie als Konfliktstoff (z.B. Unruhen in Nigeria) sowie als Mittel der Außenpolitik (Gasstreit zwischen Russland und der Ukraine);
- Die Auseinandersetzung um die Kernenergienutzung zwischen der internationalen Gemeinschaft und Iran
- Der AKW-Störfall in Schweden, der erneut die technischen und betriebsbedingten Risiken dieser Energieform verdeutlicht hat.

Diese Ereignisse haben dazu geführt, dass zwischenzeitlich die Energiepreise – auf internationaler Ebene die Rohölpreise – stark anstiegen und starke kurzfristige Ausschläge zeigten. Dies hatte gravierende Auswirkungen u. a. auf zahlreiche Entwicklungsländer, die einen sehr großen Teil der finanziellen Unterstützung aus der Entwicklungszusammenarbeit für den Kauf von Ölprodukten aufzuwenden hatten. Der verstärkte Einsatz von Atomkraft zeigt die Erhöhung des Risikos staatlicher und nicht-

staatlicher Proliferation, ein Problem, das von zahlreichen Akteuren thematisiert wird (u. a. Hennicke/Müller 2005, Supersberger 2008). Damit wirkt die Nutzung von Kernbrennstoffen einer sicherheitspolitischen Entschärfung von Konfliktlagen entgegen. Gleichzeitig stellt sie neue Anforderungen an die Überwachung von Brennstoffkreisläufen und an die Schaffung effizienter Sanktionsregime bei einem Missbrauch. Der seit mehreren Jahren akute Konflikt um das Anreicherungsprogramm Irans verdeutlicht die hohen Ansprüche, die an ein funktionierendes Überwachungssystem gestellt werden müssen.

Bereits aus diesen wenigen Beispielen kann geschlossen werden, dass die reduzierte Nutzung von Kernenergie und fossilen Energieträgern die Entstehung solcher Konfliktlagen einschränken würde.

Bundeskanzlerin Merkel hat deutlich auf die friedenspolitische Rolle von erneuerbaren Energien (zusammen mit der Steigerung der Energieeffizienz) hingewiesen: „Wir müssen gemeinschaftlich in den Bereichen Energieeffizienz und bei den erneuerbaren Energien vorankommen, die aus meiner Sicht nicht nur aus Klimaschutzgründen von allergrößter Notwendigkeit sind, sondern sie sind auch ein Gebot ökonomischer und vor allen sicherheits- und friedenspolitischer Vernunft.“

Unter der Annahme, dass z. B. Strom aus erneuerbaren Energien in den kommenden Jahrzehnten über Kontinente hinweg transportiert werden soll, ist friedenspolitische Komponente erst einmal kritisch zu bewerten. Denn eine solche großmaßstäbliche (und möglicherweise monopolähnliche) Struktur ist prinzipiell vergleichbar mit der heutigen monopolisierten bzw. oligopolisierten Struktur der Bereitstellung fossiler Energieträger. Des Weiteren zeigen sich schon heute Konflikte beim großmaßstäblichen Anbau von Energiepflanzen: diese konkurrieren mit Nahrungsmittelpflanzen um Anbauflächen und haben in verschiedenen Ländern zu einem starken Anstieg der Lebensmittelpreise geführt, z. B. in Mexiko (so genannte Tortilla-Krise, Tagesspiegel 2007). Nichtsdestotrotz kann der Ausbau erneuerbarer Energien vor dem Hintergrund sich verschlechternder Sicherheitslagen ein erhebliches friedenspolitisches Potential entwickeln, zumindest aber die Energieversorgung in einem Maße diversifizieren, um die angesprochenen Sicherheitslagen in ihrer Ausprägung zu mindern. Hierfür ist der Ausbau jedoch politisch zu begleiten, damit – etwa mit Blick der Ausweitung der energetischen Nutzung von Biomasseträgern – keine neuen Risikolagen entstehen.

Die oben aufgestellte Hypothese kann damit als verifiziert gelten.

### **1.7.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Die beschriebenen sowie weitere Entwicklungen, die in komplexer Weise miteinander vernetzt und damit kaum voneinander zu trennen sind, haben sich in unterschiedlicher Weise auf Diskussionen im Rahmen der Europäischen Union und auch auf die bundesdeutsche Diskussion niedergeschlagen. Auf beiden Ebenen werden strategische Weichenstellungen thematisiert. Diese Perspektiven finden sich grundlegend auch im

Positionspapier "Energiepolitik für Europa" der Bundesregierung zur deutschen EU-Ratspräsidentschaft im ersten Halbjahr 2007 wieder (vom 15. September 2006) (s. <http://www.eu2007.de/de/>). Allerdings wird in diesem Papier deutlich, dass trotz einer politischen Sensibilisierung für die Zusammenhänge zwischen Energiesicherheit und Klimaschutzpolitik einerseits und Sicherheitspolitik andererseits die weitere politische Ausgestaltung fragmentiert bzw. mit Blick auf den Ausbau erneuerbarer Energien weitgehend unkonkret bleibt.

Das Spektrum an Instrumenten zur Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland berücksichtigt keine sicherheitspolitischen Fragen. Zwar werden entsprechende Themen am Rande angesprochen, diese bleiben jedoch vage.

Diese Situation ist auch Folge der bisher unvollständigen Verschränkung langer Zeit getrennt voneinander geführter Diskurse. Während Energie- und Klimapolitik vornehmlich aus der Perspektive von Umwelt- und Wirtschaftsressorts betrachtet wurden und die Sicherheitspolitik als originäre Aufgabe der Verteidigungsressorts, rücken Energie- und Klimafragen nun in den Fokus der Verteidigungspolitik.

Die traditionelle Außen-, Sicherheits- und Verteidigungspolitik und die zivile Krisenprävention bezeichnen einen deutlich anderen Adressatenkreis als die Energie- und Klimapolitik. Dieses strukturelle Problem hat maßgeblich dazu beigetragen, dass in der Vergangenheit auch kein Austausch zwischen diesen stattgefunden hatte. Erst seit wenigen Jahren reift die Erkenntnis, dass die Deckungsflächen der Themenbereiche gegenseitige Berücksichtigung erfordern. Konkretisiert haben sich gegenseitige Lern- und Kooperationsprozesse z. B. in einer Workshopreihe in den Jahren 2006 und 2007, die von der Stiftung Entwicklung und Frieden SEF, der Bundesakademie für Sicherheitspolitik BAKS und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie zu Ressourcenkonflikten durchgeführt wurde.

Politische Ansatzpunkte für eine Zusammenführung von Energie-, Klima- und Sicherheitspolitik sind zunächst vornehmlich auf nationaler Ebene zu suchen. Entsprechende Bemühungen zur Stärkung der zivilen Krisenprävention mündeten 2004 in den "Aktionsplan zivile Krisenprävention, Konfliktlösung und Friedenskonsolidierung". Mit dem Aktionsplan wurde von verschiedenen Ressorts ein umfassender Handlungsrahmen zur Krisenprävention vorgelegt. Die Wertung der Bundesregierung zum ersten Umsetzungsbericht 2006 lautet: "Die besondere Wirkung des Aktionsplans in den ersten zwei Jahren seiner Umsetzung besteht ... darin, dass das staatliche Engagement aller Ressorts systematisch als Teil der krisenpräventiven Gesamtpolitik erfasst wurde und diese Politik durch neu geschaffene Gremien der Krisenprävention mehr Sichtbarkeit und eigenständige politische Handlungsfähigkeit erlangte." Die in diesem Plan aufgelisteten Aktionen enthalten auch explizite Bezüge zur friedenspolitischen Rolle von erneuerbaren Energien und bieten verschiedene Ansatzpunkte, um die sicherheits- und friedenspolitische Bedeutung eines bestimmten Problemfeldes im Rahmen eines institutionalisierten Rahmens zu diskutieren und mit Blick auf Folgemaßnahmen zu konkretisieren.

Eine eingehende Analyse des Aktionsplans sowie seiner politischen Verankerung findet sich in Adelphi Consult/Wuppertal Institut (2007).

#### **1.7.4 Mögliche Synergien und Konkurrenzen anderer Klimaschutzoptionen**

Mögliche Konkurrenzen und Synergien sind auch im Bereich der Sicherheitspolitik zwischen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz, Kernenergie und der CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung zu diskutieren.

**Energieeffizienz.** Die Entschärfung kritischer Versorgungslagen kann durch die Ausschöpfung von Energieeffizienzpotentialen erfolgen. Es kann daher festgehalten werden: Je geringer der Nachfragezug auf die Erhöhung oder Aufrechterhaltung des Energieangebots ist, umso weniger wahrscheinlich werden letztlich Auseinandersetzungen um Ressourcen. Diese pauschale Aussage ist zweifelsohne holzschnittartig vereinfacht, deutet jedoch bereits in die Richtung der Rolle von Energieeffizienz. Werden erneuerbare Energien inzwischen im sicherheitspolitischen Diskurs deutlich wahrgenommen, spielt die Energieeffizienz immer noch eine untergeordnete Rolle. Dies hängt auch damit zusammen, dass die globalen Potentiale von Effizienz auch von maßgeblichen Akteuren des Energiebereichs noch unterschätzt werden. Zu nennen ist hier z. B. die Internationale Energieagentur. Energieeffizienz ist als komplementär zu erneuerbaren Energien zu bewerten.

**CCS.** Die frühestens ab 2020 großmaßstäblich einsetzbare CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung liefert keine positiven Beiträge für ein gewandeltes und erweitertes Verständnis von Sicherheitspolitik. Denn der mit CCS einhergehende Mehrverbrauch an fossilen Energieträgern, vornehmlich Erdgas und Kohle, führt eher zu einer Verschärfung sicherheitspolitischer Konfliktlagen aufgrund anteigender Transportsröme und lokaler Umweltschädigungen. Synergien mit erneuerbaren Energien sind auf sicherheitspolitischem Terrain nicht zu erwarten. Sollte CCS prioritär gegenüber Erneuerbaren genutzt werden, vom Klimaschutzaspekt also eine Konkurrenzsituation entsteht, hätte dies negative Auswirkungen auf sicherheitspolitische Konfliktlagen, da weniger erneuerbare Energien im Energiemix auch eine geringere „friedens- und sicherheitspolitische Dividende“ bedeuten.

**Kernenergie.** Mit der Kernenergie sind keine Synergien zu erwarten. Vielmehr wird die Kernenergie als alternative Klimaschutzoption neben erneuerbaren Energien und Energieeffizienz betrachtet, es entsteht teils eine direkte Konkurrenzsituation. Dies äußert sich z. B. in den Klimaschutzvorstellung der französischen Regierung, die im Klimaschutz im eigenen Land massiv auf Kernenergie setzt und auch international stark für deren Verbreitung eintritt (vgl. FR 2007).

#### **1.7.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte**

In der politischen Debatte steht die Analyse, ob und in welcher Weise Vernetzungspunkte zwischen sicherheitspolitischen und energiepolitischen Zielen bestehen, noch am Anfang. Das präventive Potential erneuerbarer Energien als eine mögliche frie-

denspolitische bzw. stabilisierende Option weiter zu etablieren, ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

Um Sicherheits- und Energiepolitik speziell mit Blick auf die Rolle erneuerbarer Energien stärker zu koppeln, kann die Verankerung der Frage von Energiekonflikten und der friedenspolitischen Bedeutung von erneuerbaren im Rahmen des Aktionsplans Zivile Krisenprävention weiter vorangetrieben werden, um dieses Thema ressortübergreifend auf der außen- und sicherheitspolitischen Agenda zu installieren.

## 1.8 Schaffung von Arbeitsplätzen

### 1.8.1 Definitionen

„Der **Arbeitsmarkt** ist das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage nach Arbeitskraft in einer Volkswirtschaft. Auf ihm wird Arbeitskraft in Zeiteinheiten zu Marktbedingungen nachgefragt, angeboten und getauscht.“ (Wikipedia 2009a) Dabei wird unterschieden zwischen

- „dem ersten Arbeitsmarkt, der den betriebswirtschaftlich begründeten Bedarf nach Arbeitskräften (Arbeitsplatzangebote) von Unternehmen (Arbeitgeber) mit einer Nachfrage geeigneter freier Arbeitskräfte (Arbeitnehmer) zusammenführt und ...“
- „dem zweiten (staatlich geförderten) Arbeitsmarkt, der über arbeitsmarktpolitische Maßnahmen zusätzliche Anreize für Arbeitgeber schafft, Arbeitsplätze anzubieten, um damit einen Marktausgleich von Angebot und Nachfrage herbeizuführen.“ (ebd.)

Zu den wichtigen Kennzahlen zur Beschreibung des Arbeitsmarktes gehören:

- die Anzahl der Erwerbspersonen, d.h. Erwerbstätige<sup>28</sup> plus Erwerbslose<sup>29</sup>;
- die Anzahl der Beschäftigten<sup>30</sup>, dazu gehören nach dem Vierten Buch des Sozialgesetzbuchs alle Personen mit nichtselbständiger Arbeit, insbesondere in einem Arbeitsverhältnis. Hier wird weiter unterschieden zwischen direkten Beschäftigten, die bei einschlägigen Herstellern, Betreibern und Dienstleistungsunternehmen tätig sind, und indirekt Beschäftigten, die bei Vorleistungs- und Zulieferunternehmen tätig sind. Ferner wird unterschieden zwischen Brutto- und Nettobeschäftigung, d. h.

---

<sup>28</sup> Erwerbstätige sind nach dem Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen alle Personen, die als Arbeitnehmer oder Selbstständige beziehungsweise mithelfende Familienangehörige eine auf wirtschaftlichen Erwerb gerichtete Tätigkeit ausüben, unabhängig von ihrem Umfang. (Wikipedia 2009b; Destatis 2009)

<sup>29</sup> Als erwerbslos im Sinne der Statistik der Internationalen Arbeitsorganisation (IAO, engl. ILO) gilt, wer weniger als eine Stunde arbeitet, aber mehr arbeiten will. Die Erwerbslosenzahl des Statistischen Bundesamtes liegt zumeist rund eine Million unter der von der Bundesagentur für Arbeit veröffentlichten Arbeitslosenzahl (Erwerbslose im Januar 2005: 3,99 Millionen, Arbeitslose 5,04 Millionen). (Wikipedia 2009c)

<sup>30</sup> Die Abgrenzung von Beschäftigten und Selbstständigen ist manchmal schwierig und wird nach bestimmten Kriterien wie z. B. Weisungsgebundenheit oder Anspruch auf Arbeitsentgelt vorgenommen.

Summe aus direkter und indirekter Beschäftigung bzw. Beschäftigungsbilanz, die aus dem Vergleich verschiedener Entwicklungen (Szenarien) unter Berücksichtigung positiver wie negativer Effekte resultiert.

- Die Anzahl der Arbeitslosen, d. h. alle Personen, die zwar arbeitsfähig und arbeitswillig sind, aber dennoch kein Beschäftigungsverhältnis finden und sich arbeitslos melden;
- die Erwerbsquote (Anteil der Erwerbspersonen an der Wohnbevölkerung) sowie
- die Arbeitslosenquote (Anteil der Arbeitslosen an der Gesamtzahl der zivilen Erwerbspersonen).

Zudem wird häufig von Arbeitsplätzen gesprochen, wobei es sich umgangssprachlich um den Ort, das Unternehmen oder die Position handelt, an dem ein Arbeitnehmer in einer sozialversicherungspflichtigen Tätigkeit beschäftigt ist. Die selbstständige Beschäftigung wird landläufig nicht als "Arbeitsplatz" bezeichnet. Der Begriff wird häufig synonym für Beschäftigung gebraucht, kann aber quantitativ abweichen.

**Arbeitsmarktpolitik** ist einer von zwei Teilbereichen der Arbeitspolitik. „Sie bezeichnet die Gesamtheit aller staatlichen Maßnahmen, die dazu beitragen, die Arbeitsbedingungen von Beschäftigten zu verbessern, ihre Arbeitsplätze zu sichern und die Beschäftigungschancen für Arbeitssuchende zu erhöhen. Arbeitsmarktpolitik wird in Deutschland sowohl zentral auf Bundesebene durch das Ministerium für Arbeit und Soziales bzw. die Bundesagentur für Arbeit, wie auch auf Landesebene durch die Landesarbeitsministerien und auf der kommunalen Ebene gestaltet.“ Sie lässt sich grundsätzlich in eine passive und eine aktive Arbeitsmarktpolitik unterteilen. Erstere zielt primär darauf ab, materielle Schäden als Folge von Arbeitslosigkeit eine Zeit lang abzumildern, während die aktive Arbeitsmarktpolitik die (Wieder-)Eingliederung in den Arbeitsmarkt zum Ziel hat (ebd.).

## 1.8.2 Hypothese und Analyse

### Hypothesen für den Zusammenhang von REG und Arbeitsmarkt(-Politik):

- Der Ausbau von REG führt zu einer starken Zunahme der Bruttobeschäftigung in Deutschland. Aufgrund des anhaltend hohen, zum Teil<sup>31</sup> noch steigerungsfähigen Marktwachstums, zunehmender Exportquoten, fallender Angebotspreise und steigender Energiepreise ist aber auch in der Gesamtbetrachtung des Arbeitsmarktes mit einem deutlichen und zunehmenden Beitrag zur Beschäftigung, d. h. positivem Nettoeffekt, zu rechnen.
- Die REG initiieren neue Aus- und Weiterbildungsangebote, da das bisherige Angebot nicht mehr mit dem Marktwachstum und der zunehmenden Differenzie-

<sup>31</sup> Besonders bei Geothermie und Solarthermie.

rung/Spezialisierung mithält, dringend neue Fachkräfte mit guten Vorkenntnissen und Erfahrungen benötigt werden und weil es sich um einen Markt mit langfristig guten Perspektiven handelt.

Für ein besseres Verständnis des Beitrags und der Bedeutung von erneuerbaren Energien für Beschäftigung und Ausbildung wird nachfolgend zunächst ein Überblick über die allgemeine Lage in Deutschland gegeben.

**Beschäftigung.** Die Zahl der Beschäftigten (inkl. Auszubildende) mit Arbeitsort in Deutschland schwankte im Zeitraum von 1999 bis 2007 zwischen rd. 26,3 (2005) und rd. 28,0 (2000) Millionen Personen (siehe Abb. 1-4). Ihre Verteilung auf die übergeordneten drei Wirtschaftssektoren ist sehr unterschiedlich und ändert sich im Zeitverlauf nur wenig. Der überwiegende Teil der Beschäftigten arbeitet im Dienstleistungsgewerbe (2007: 67%), ca. 32% arbeiten im Verarbeitenden Gewerbe und nur ca. 1,5% im primären Sektor (Land-/Forstwirtschaft, Fischerei, Bergbau und Gewinnung v. Steinen u. Erden). Während die Beschäftigung im primären und sekundären Sektor im Jahr 2007 bezogen auf 1999 deutlich – um 21 bzw. 13% – zurückging, verzeichnete der tertiäre Sektor ein Plus von 4,8% bzw. knapp 840.000 mehr Beschäftigte. Zwischen 2005 und 2007 stieg die Beschäftigung aber in allen drei Sektoren an.

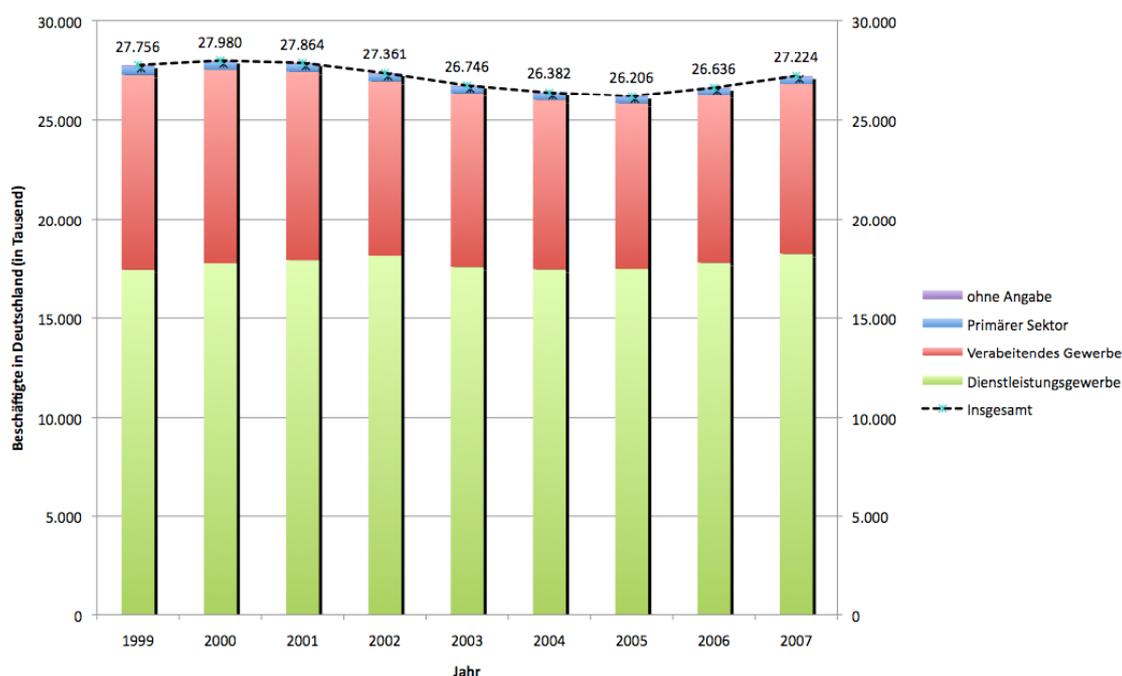


Abb. 1-4. Entwicklung der Beschäftigung in Deutschland nach Wirtschaftsbereichen (1999-2007).

Destatis 2007

Im Vergleich mit der schwankenden Gesamtentwicklung geht mit dem zunehmenden Marktwachstum von erneuerbaren Energien, insbesondere zur Stromerzeugung, ein kontinuierlicher, deutlicher Anstieg der damit verbundenen (sowohl direkt als auch indirekt) Beschäftigten einher. So wurden in den letzten sechs Jahren (2000-2006) insge-

samt schätzungsweise 131.000 neue Arbeitsplätze (plus 158%) durch den Ausbau der erneuerbaren Energien geschaffen (siehe Abb. 1-5). Laut „... einer Untersuchung des Wissenschaftsladens Bonn rechnen 75 Prozent der Unternehmen im Bereich der Erneuerbaren Energien damit, dass die Zahl der dort Beschäftigten bis zum Jahr 2010 deutlich steigt: Im Durchschnitt erwarten die Firmen einen Personalanstieg um rund 50 Prozent.“ (WILA Bonn 2007). Diese Erwartungen sind jedoch nach aktuellem Wissensstand für die gesamte Branche zu optimistisch. Demnach wird für das Jahr 2008 mit einer Beschäftigung von insgesamt etwa 278.000 Personen im REG-Bereich gerechnet, was einem Zuwachs von 12% gegenüber dem Vorjahr entspricht (BMU 2009). Beschäftigungszuwächse von 50% werden nur für die beiden Bereiche Photovoltaik und Geothermie prognostiziert, während im Bereich Nutzung von Biogas und flüssige Biomasse sogar mit einem etwa gleich hohen relativen Rückgang der Beschäftigtenzahlen von 13.500 (2007) auf 7.400 (2008) zu rechnen ist<sup>32</sup>. Der Anteil der Beschäftigten im REG-Bereich an der Gesamtbeschäftigung wurde seit 2000 um das 3-fache gesteigert und liegt im Jahr 2007 bei rd. 0,9%, in der Tendenz zunehmend.

Langfristig kann mit einem weiteren Anstieg der Bruttobeschäftigung in Folge des REG-Ausbaus gerechnet werden. Diese ist maßgeblich von den weiteren Investitionen deutscher Unternehmen sowohl im Inland als auch im Ausland abhängig und kann im Jahr 2030 je nach Szenario bei etwa 333.000 Beschäftigten („verhaltene“ Entwicklung) bis 500.000 Beschäftigten („optimistische“ Entwicklung) liegen (BMU 2006).

Die im Jahr 2006 insgesamt etwa 214.000 Beschäftigten im REG-Bereich teilen sich jeweils etwa zur Hälfte auf die indirekte Beschäftigung in einschlägigen Wirtschaftszweigen wie z. B. dem Maschinenbau sowie die direkte Beschäftigung mit REG-Anlagen (Herstellung sowie Serviceleistungen) auf (siehe Abb. 1-5). Die meisten Arbeitsplätze wurden dabei bisher in den Sparten Biomasse und Windenergie geschaffen, gefolgt von der Solarenergie. Mit der zunehmend erfolgreichen Erschließung von geothermischen Quellen ist allerdings auch hier kurz- bis mittelfristig mit einem nennenswerten und schnellen Wachstum der Beschäftigtenzahl zu rechnen. Bei der Wasserkraft wird es dagegen, aufgrund der nahezu erschlossenen Potenziale in Deutschland, keinen signifikanten Beschäftigungszuwachs mehr geben. Der weitaus größte Teil der Arbeitsplätze ( $\geq 50\%$ ) wurde im Bereich der Stromerzeugung aus REG geschaffen und ist nahezu vollständig auf die Wirkung des REGG zurückzuführen. Die Bedeutung von REG für den Arbeitsmarkt und damit für die Arbeitsmarktpolitik ist von Sparte zu Sparte sehr unterschiedlich.

---

<sup>32</sup> Als Ursachen dafür werden die Unsicherheiten für die zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten von Palmöl, die gestiegenen Substratpreise sowie abwartende Haltungen hinsichtlich der Veränderung der Rahmenbedingungen durch das REGG genannt. Die Investitionen in neue Anlagen sind im Jahr 2008 um 22% gesunken.

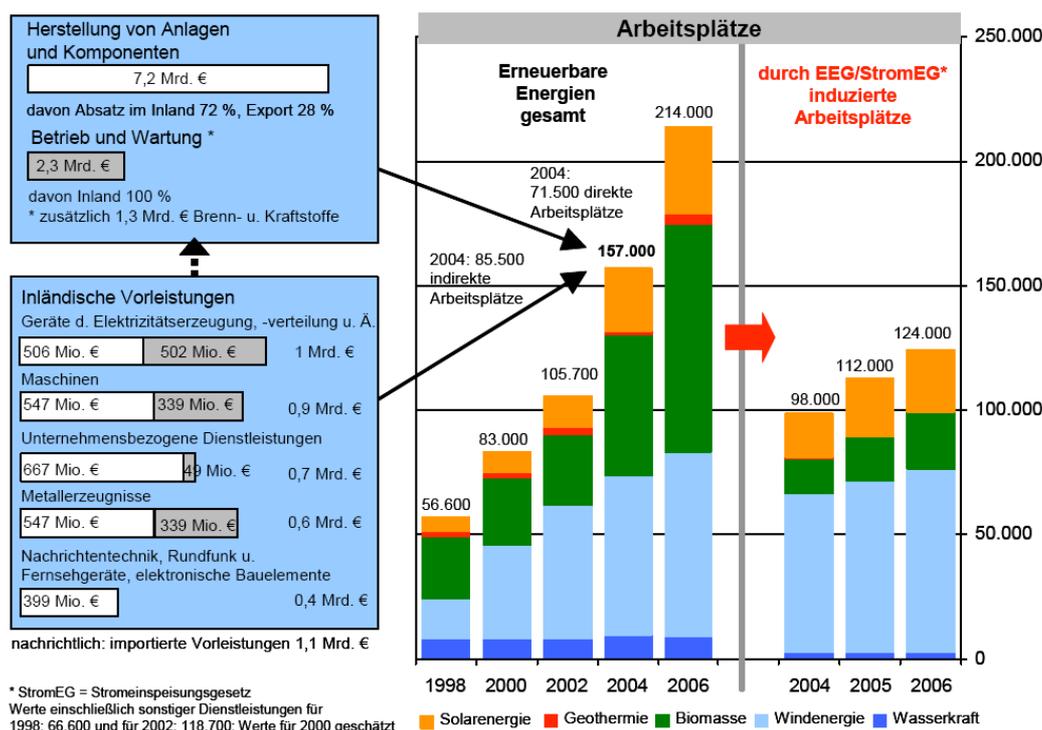


Abb. 1-5. Arbeitsplatzentwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien in Deutschland (1998-2006).  
 BMU 2007

Die obigen Zahlen für die aktuellen und künftigen Entwicklungen geben jedoch zunächst „nur“ die Entwicklung der Bruttobeschäftigung im REG-Bereich wieder und sagen noch nichts über die tatsächliche Wirkung auf den Arbeitsmarkt, d. h. die Nettobeschäftigung aus. Mit dem REG-Ausbau können aber auch negative Beschäftigungseffekte verbunden sein. Dazu gehören insbesondere der Budgeteffekt sowie der Verdrängungs- und der Außenhandelseffekt.

Einige Studien – z. B. BEI (2003), EWI/RWI/IE (2004) und IWH (2003) – gehen daher davon aus, dass es im Zeitverlauf per Saldo zu einem Rückgang der positiven Effekte bis sogar zu einem negativen Gesamteffekt in Folge des REG-Ausbaus kommen kann<sup>33</sup>. Als wesentlicher Grund dafür wird die gesamtwirtschaftliche Wirkung der zusätzlichen Kosten für den Ausbau (positive Differenzkosten bis zur Konkurrenzfähigkeit der REG mit den konventionellen Energieträgern) angesehen, deren negative Wirkung auf das Bruttoinlandsprodukt bzw. die Kaufkraft der Verbraucher die positive investive Wirkung in Anlagenproduktion und -Errichtung überwiegt und somit mittelfristig netto zu einem Rückgang der Beschäftigung führt. Allerdings wurde in diesen Fällen das alte REGG aus dem Jahr 2000 zugrunde gelegt, zum Teil keine Preissteigerungen bei den

<sup>33</sup> Zum Beispiel wird in Hillebrand et al. (2005) aufgrund von dort ermittelten Zusatzkosten, daraus resultierenden Belastungen von Verbrauchern und einem geringeren Wachstum des Bruttoinlandsproduktes ein negativer Beschäftigungssaldo in Höhe von 6.100 Personen für das Jahr 2010 angegeben.

konventionellen Energieträgern unterstellt und keine Exporte von REG-Anlagen oder Komponenten berücksichtigt (BMU 2006). Zudem wurden die dort unterstellten Ausbauszenarien für die REG mittlerweile deutlich übertroffen. Damit ist insgesamt eine stärkere Gewichtung von negativen Beschäftigungseffekten verbunden, als durch die reale Entwicklung bestätigt wird.

Insbesondere die fehlende Berücksichtigung von Exporten steht im Gegensatz zur Realität, wie Abb. 1-6 exemplarisch für den beschäftigungsintensiven Industriezweig Windenergie zeigt. Die Exportquote lag bereits im Jahr 2003 über 50% und ist seitdem auf etwa 85% (2007) angestiegen. Eine ähnliche Entwicklung, allerdings auf niedrigerem Niveau, gibt es auch in der PV-Industrie, die ihre Exportquote von 14% in 2004 auf schätzungsweise 46% in 2008 mehr als verdreifachen konnte. Unter anderem aufgrund dieses ausgeprägten Effektes mit positiver Wirkung auf die Nettobeschäftigung, ist insgesamt – sowohl bisher als auch zukünftig – mit einem deutlich positiven Beitrag der REG zur Nettobeschäftigung zu rechnen.

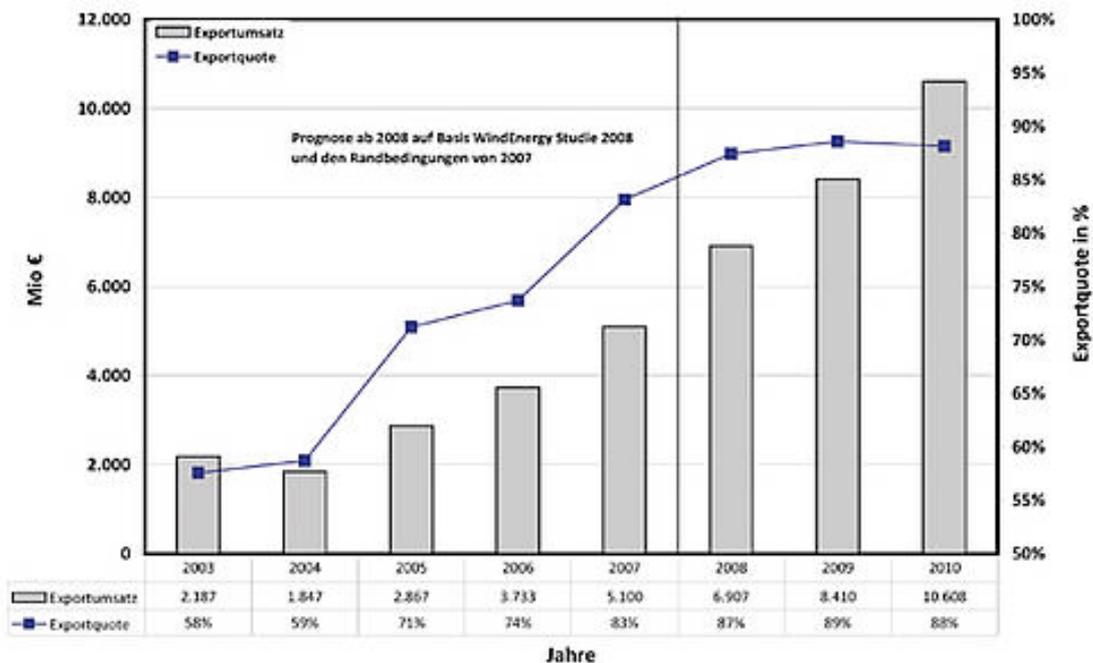


Abb. 1-6. Entwicklung von Exportumsatz und Exportquote im Bereich Windenergie. DGS 2008

In der Perspektive werden sowohl die Ausrüstungsinvestitionen als auch die Exporte weiterhin so hoch sein, dass sie die zunächst negativ wirkenden Budgeteffekte deutlich überkompensieren können. Langfristig ändern aber zudem die Differenzkosten und damit auch der Budgeteffekt ihr Vorzeichen und wirken dann positiv auf die Nettobeschäftigung. Demnach wird in BMU (2006) auch netto mit einem anhaltend signifikanten Beschäftigungszuwachs gerechnet. Im diesbezüglich konservativ – d. h. pessimistisch bzw. vorsichtig – geprägten Vergleichsszenario „verhalten“ liegt die Zahl der Beschäftigten bei gut 46.000 (netto) im Jahr 2010, etwa 56.600 in 2020 und gut 62.000 im

Jahr 2030. Dagegen sind unter günstigeren Rahmenbedingungen – d. h. Vergleichsszenario „verhalten optimistisch“ – 2030 mehr als 146.000 Netto-Beschäftigte durch den REG-Ausbau zu erwarten. Die Bruttobeschäftigungseffekte liegen damit im konservativen Vergleichsszenario in etwa konstant um einen Faktor 5,3 höher als die Netto-Effekte, während dieses Verhältnis im optimistischeren Vergleichsszenario ausgehend von einem Faktor 4,4 im Jahr 2010 auf 2,9 in 2030 abnimmt. Die negativen Beschäftigungseffekte werden bei einer solchen Entwicklung zunehmend abgebaut.

**Fazit.** Mit dem Ausbau der REG geht eine deutliche Zunahme sowohl der Brutto- als auch der Nettobeschäftigung einher. Die positiven Nettoeffekte resultieren hauptsächlich aus dem starken Exporteffekt der REG sowie einem rückläufigen negativen Budgeteffekt aufgrund sinkender Differenzkosten. Der Nettobeschäftigungseffekt liegt bei pessimistischer Betrachtung um etwa den Faktor 5 unter dem Bruttoeffekt, gewinnt aber unter besseren Rahmenbedingungen zunehmend an Bedeutung.

**Ausbildung.** In Deutschland befanden sich Ende 2006 insgesamt etwa 3,6 Mio. Menschen in einer berufsspezifischen Ausbildung (Duale Ausbildung, Studium) (BMAS 2007). Für die klassische Berufsausbildung – d. h. duale Ausbildung per Vertrag mit und durch Firmen – haben sich rund 1,6 Millionen Jugendliche und Erwachsene entschieden, von denen insgesamt 581.600 neu angefangen und einen Ausbildungsvertrag in 2006 (+4% gegenüber 2005) abgeschlossen haben. Von diesen waren etwa 58% dem Bereich Industrie und Handel zugehörig sowie 29% dem Handwerk (Destatis 2007b). Diese Ausbildungsbereiche sind, zusammen mit der Landwirtschaft (3%), generell auch für die REG-Branche von Bedeutung und lassen prinzipiell auf ein relativ großes Potenzial an Auszubildenden sowie Ausgebildeten schließen. Weitergehende Informationen oder Aussagen für die REG-Branche lassen sich derzeit jedoch auf der Grundlage der offiziellen Statistiken nicht gewinnen.

Für ein Studium (Erststudium) haben sich im Studienjahr 2006/2007<sup>34</sup> insgesamt ca. 345.000 junge Erwachsene entschieden, Tendenz stagnierend bis sinkend (-3,1% gegenüber 2005). Zu den beliebtesten Fächern gehören nach wie vor die Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (33%), die Kulturwissenschaften (20%), die Ingenieurwissenschaften (18%) sowie Mathematik und Naturwissenschaften (18%) (Destatis 2007c). Insbesondere die letzten beiden Fächergruppen sowie die Agrar- und Forstwissenschaften (2%)<sup>35</sup> sind grundsätzlich für die Ausbildung und mögliche Rekrutierung von Fachkräften für die REG-Branche von Bedeutung. Diesbezüglich liegen allerdings keine offiziellen einschlägigen Statistiken vor. Es gibt aber einzelne Untersuchungen und Dienstleister, die einen speziellen Blick auf die Ausbildungsangebote für REG werfen (siehe unten). Aufgrund der aktuellen Entwicklung lässt sich zunächst nur allgemein feststellen, dass künftig auch die REG-Branche von dem überdurchschnittlichen Rückgang der Studienanfänger in den Ingenieurwissenschaften (minus 7% ge-

---

<sup>34</sup> Sommersemester 2006 und nachfolgendes Wintersemester

<sup>35</sup> Inklusiv Ernährungswissenschaften.

genüber dem Studienjahr 2004/2005) betroffen sein wird. Ein Studium wird jedenfalls generell von deutlich weniger Menschen als Ausbildungsweg verfolgt als die duale Ausbildung, da nur letztere prinzipiell für alle Schulabschlüsse offen ist.

Die **Qualifikation** bzw. der (Aus-)Bildungshintergrund der Beschäftigten (Stand 2006) in den einzelnen REG-Sparten als auch der gesamten REG-Branche ist in Tab. 1-10 zusammengefasst. Demnach sind alle Sparten durch einen hohen Anteil technischer Berufe sowie einen nicht vernachlässigbar geringen Anteil an kaufmännischen Berufen gekennzeichnet. Die Ausbildungsquote bezogen auf Erwerbstätige liegt branchenweit mit gut 4% gleichauf und liegt damit im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt (4,8%) etwas niedriger (BMU 2006). Der Akademikeranteil ist in den Sparten Wasserkraft, Solarthermie und flüssige Biomasse besonders hoch, während sich die Sparten Geothermie, Windenergie, feste Biomasse und Photovoltaik durch einen überdurchschnittlich hohen Anteil an beruflich Ausgebildeten auszeichnen. Dagegen ist der Beschäftigungsanteil von Menschen ohne abgeschlossene Berufsausbildung, mit Ausnahme der Sparten Photovoltaik und Geothermie, insgesamt eher gering.

Tab. 1-10. Qualifikationsstrukturen im Bereich erneuerbare Energien

Qualifikation der Beschäftigten	Wind-energie	Photo-voltaik	Was-ser-kraft	Feste Bio-masse	Flüssige Bio-masse	Bio-gas	Geo-ther-mie	Solar-thermie	REG-Gesamt
ohne abgeschlossene Berufsausbildung	2%	9%	0%	4%	2%	4%	9%	5%	4%
In Berufsausbildung	6%	4%	3%	4%		4%	6%	2%	4%
mit Berufsausbildung	73%	67%	51%	70%	63%	63%	74%	57%	66%
mit Hochschulabschluss	20%	20%	45%	23%	35%	29%	12%	36%	26%

Quelle: BMU 2006

Der allgemein beklagte Mangel an Ingenieuren bzw. an fachlich ausreichend qualifizierten Arbeitskräften in Deutschland trifft jedoch auch die REG-Branche: Zu dieser Einschätzung gelangen zumindest etwa 41% der befragten Unternehmen aus der REG-Branche. In den Sparten Wasserkraft, feste Biomasse und Biogas ist der Fachkräftemangel demnach besonders verbreitet (BMU 2006).

Für die berufliche und fachliche Ausbildung im REG-Bereich wurden zwischenzeitlich eine Reihe von verschiedenen Ausbildungswegen geschaffen (siehe Tab. 1-11). Hauptsächlich beinhalten die Ausbildungsangebote diverse Studiengänge entweder zur Erstausbildung oder zur Fortbildung<sup>36</sup>. Die Erststudiengänge sind aber immer noch

<sup>36</sup> Erstausbildungs-Angebote speziell für Menschen ohne Hochschulreife (z. B. die Ausbildung zu einem Gesellen der Solartechnik) sind noch äußerst selten. Für Beschäftigte mit Berufsabschluss gibt es dagegen eine Reihe an Fortbildungsangeboten in Form von fachspezifischen Lehrgängen mit inhaltlichen Schwerpunkten im Bereich Solarenergie und Gebäudetechnik (Wärmeversorgung, Energieberatung). Die meisten Fortbildungswege sind noch sehr individuell, so dass es sowohl für die Interessen-

überwiegend durch klassische Fachrichtungen wie Maschinenbau oder Elektrotechnik geprägt, in denen die REG zusätzlich als mögliche Vertiefungsfächer angeboten werden. Dabei gibt es bezogen auf den tatsächlichen Lernumfang und die Inhalte noch deutliche Unterschiede zwischen den Studienangeboten. Die Inhalte der Aufbaustudiengänge wurden dagegen in den letzten Jahren insgesamt stärker auf die Bedürfnisse der REG-Branche abgestimmt und ausgerichtet (Bühler et al. 2005). Die unterschiedliche Ausrichtung spiegelt sich auch in den Abschlüssen der Studiengänge wider: Bei den eher „klassischen“ Erststudiengängen überwiegen (noch) die Diplom-Ingenieure, während bei den spezielleren Erststudien- und den Aufbaustudiengängen der Masterabschluss dominiert.

Tab. 1-11. Übersicht über Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich erneuerbare Energien

		Anzahl	Verteilung Inhalte	Verteilung Abschlüsse
Erstausbildung	Erststudium REG allgemein	22	REG als Hauptfach (5) REG zur Vertiefung (9) Ohne Spezifizierung (8)	B=1; BA=1; BE=1; B.Sc./M.Sc.=2; Dipl.-Ing.=8; Dipl.-Ing-FH=7; Dipl.-Wirt.-Ing.=1
	Erststudium mit Branchen-Schwerpunkt	3	REG zur Vertiefung (3)	B.Sc./M.Sc.=2; Dipl.-Ing.=1
	Berufsausbildung REG	1	u.a. Solartechnik	Gesell/in
Fortbildung	Aufbaustudium REG allgemein	18	REG allgemein (6); Wasser (2); Geothermie (1); ohne Spezifizierung (9)	M.Sc.=13; M.Eng.=1; M.B.Sc.=1; EM=1; MBA=1, Dipl.-Ing.=1
Lehrgänge	Solarenergie/Photovoltaik	13	u.a. Photovoltaik (3) Ohne Spezifizierung (15)	Zertifikate=7; Solarteuer=2; Solarberater=1; k.A.=3
	Energieberater, Gebäudeenergie-wirtschaft	24	REG allgemein (1) Solartechnik (2) Gebäudetech./Sonst. (21)	Zertifikat=13; Dipl.-Ing.=1; Staatl. Gepr. Techniker=2; Sonstige=7; k.A.=1
	REG allgemein	2	REG allgemein (2)	Zertifikat=1; Staatl. Gepr. Umweltschutztechniker=1
	Wind	2	Servicetechnik (2)	Zertifikat=1; k.A.=1

Bemerkungen: B=Bachelor; BA=Bachelor of Arts; BE=Bachelor of Engineering; B.Sc.=Bachelor of Science; M.Sc.=Master of Science; M.Eng.=Master of Engineering; M.B.Sc.=Master of Building Science; EM=European Master; k.A.=keine Angabe

ten als auch für die einstellenden Unternehmen nicht einfach ist, den Nutzen der gewählten Zusatzqualifikation zu bewerten.

Quelle: Bühler et al. 2005; eigene Auswertung

**Fazit.** Die Ausbildung für die REG-Branchen erfolgt (noch) zum großen Teil über die herkömmlichen mehr oder weniger branchennahen Angebote plus spezialisierte Weiterbildungsangebote und Aufbau-/Zusatzstudiengänge. Es werden aber auch immer mehr Angebote geschaffen, die speziell bzw. hauptsächlich auf Tätigkeiten in REG-Unternehmen zugeschnitten sind. Gleichwohl sind die REG-Branchen nach eigenen Angaben auch vom allgemeinen Fachkräftemangel betroffen und stehen diesbezüglich in Konkurrenz zu den anderen – technisch orientierten – Wirtschaftszweigen.

### 1.8.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien

Die oben beschriebenen Arbeitsplatzfolge durch den Ausbau der erneuerbaren Energien lassen sich mittelbar nahezu vollständig auf bestehende spezifische REG-Förderinstrumente zurückführen. Dazu gehört in erster Linie das REGG<sup>37</sup>, weil die meisten Arbeitsplätze im Zusammenhang mit REGG-Anlagen zur Stromerzeugung geschaffen wurden. Die Beschäftigungsimpulse in den REG-Bereichen Wärme und Kraftstoff können dagegen auf verschiedene Förderinstrumente zurückgeführt werden, die jeweils maßgebliche Impulse für das Marktwachstum und damit verbunden für die Beschäftigung gegeben haben. Dazu gehören im Wesentlichen das *Marktanreizprogramm* sowie viele regionale Förderprogramme für die Nutzung von Biomasse, Solar- und Geothermie zur Wärmegewinnung sowie die EU-Ziele für Bio-Kraftstoffe, die zwischenzeitliche Steuerbefreiung/-minderung von Bio-Kraftstoff sowie die eingeführten nationalen Beimischungsquoten.

Obwohl die dargestellten Beschäftigungserfolge eng mit den Erfolgen der genannten Förderinstrumente zusammenhängen, gehören sie nicht explizit zu den Zielsetzungen dieser Instrumente. Eine beschäftigungspolitische Zielsetzung lässt sich nur indirekt und qualitativ aus den REG-Förderinstrumenten ableiten, da durch diese Instrumente eine nachhaltige Entwicklung angestrebt wird, zu der in der sozialen Dimension auch die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen gehört. Dezidierte arbeitsmarktpolitische Komponenten sind bisher in den wichtigen Förderinstrumenten für den REG-Ausbau nicht enthalten.

**Übergeordnete Politikziele** zur Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen gibt es dagegen auf nahezu allen staatlichen Ebenen.

Auf **EU-Ebene** wurden im Rahmen der Lissabon-Strategie (März 2000) folgende (neue) Zielsetzungen bezogen auf Arbeit und Ausbildung beschlossen: „Die Staats- und Regierungschefs formulierten eine Reihe wirtschaftspolitischer Ziele. Dazu gehört

---

<sup>37</sup> Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 29.3.2000; dieses trat zum 1.4.2000 als Fortentwicklung des StrEG in Kraft und wurde seitdem zwei Mal (2004 und 2009) umfassend novelliert

die Absicht, bis 2010 mindestens 2 Mio. neue Arbeitsplätze jährlich zu schaffen. Dies entspricht zwar etwa dem bisherigen Ziel einer Beschäftigungsquote von 70%, ist aber für Normalbürger viel anschaulicher. Neu ist, dass man zur Förderung der Beschäftigungsmöglichkeiten junger Menschen anstrebt, den Anteil der 22-jährigen, die eine Ausbildung der Sekundarstufe II abschließen, auf 85% zu steigern.<sup>38</sup> (Heise/Allianz 2007). Eine Brücke hin zu einer europäischen Beschäftigungspolitik mit Bezügen zu REG stellt die Kohäsionspolitik und die dafür aufgestellten *Strategischen Leitlinien der Gemeinschaft für den Zeitraum 2007-2013* dar. Zu ihren Prioritäten gehört u. a. die Schaffung von mehr und besseren Arbeitsplätzen. Den inhaltlichen Schwerpunkt bilden drei Maßnahmenpakete, wozu die Intensivierung von Synergien zwischen Umweltschutz und Wachstum sowie die Verringerung der Abhängigkeit von konventionellen Energiequellen durch Effizienzsteigerung und REG-Nutzung gehören. Damit sind generell Ansatzpunkte für eine Verknüpfung von Arbeitsmarkt- und REG-Politik verbunden.

Die **Bundesregierung** verfolgt im Rahmen ihrer Nachhaltigkeitsstrategie ebenfalls das Ziel, bis zum Jahr 2010 eine Beschäftigungs- bzw. Erwerbstätigenquote von 70% zu erreichen. Zum Vergleich: Zuletzt (Stand 3. Quartal 2005) wies Deutschland eine im europäischen Vergleich überdurchschnittliche<sup>39</sup> Erwerbstätigenquote in Höhe von 68% der Bevölkerung im Alter zwischen 15 und 64 Jahren auf. Zudem verfolgt die Bundesregierung bei der Bildungspolitik die Ziele, die Studienanfängerquote auf 40% in 2010, den Anteil der 25-Jährigen mit Hochschulabschluss bis auf 20% in 2020 zu erhöhen und ihren Anteil an der Gruppe ohne Sekundarabschluss auf 4,6% in 2020 zu senken (Bundesregierung 2007).

Zu den Instrumenten der aktiven Arbeitsmarktpolitik in Deutschland gehören:

- die Förderung der beruflichen Weiterbildung
- die subventionierte Beschäftigung (Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen) und
- die Förderung von Mobilität (z. B. Bezahlen von Umzügen).

Insbesondere das erste Förderinstrument zur beruflichen Aus- und Weiterbildung umfasst eine Vielzahl von Angeboten<sup>40</sup>, die entweder direkt oder indirekt – z. B. durch eine Fachfortbildung Energietechnik – auf eine Beschäftigungsmöglichkeit im REG-Bereich abzielen.

---

<sup>38</sup> „Um das Unternehmenspotenzial besser zu erschließen, vereinbarte man [zudem] folgendes sehr greifbares Ziel: Bis Ende kommenden Jahres soll es möglich sein, EU-weit ein Unternehmen binnen einer Woche gründen zu können und dabei nur eine Behörde in Anspruch nehmen zu müssen. Ein Traum für alle Existenzgründer, die hierfür im Durchschnitt derzeit noch vier Wochen veranschlagen müssen!“ (ebenda)

<sup>39</sup> Vier Prozentpunkte über dem Durchschnitt der Europäischen Union.

<sup>40</sup> Siehe hierzu die Angebote unter: <http://www.kursnet.arbeitsagentur.de>

Weitere mittelbar beschäftigungswirksame Instrumente sind industriepolitische Strategien im Mehrebenensystem. Hierzu gehören z. B. lokale/regionale Wirtschaftsförderungen, die wesentlich dazu beigetragen haben, dass ein großer Teil von neuen Produktions-Standorten für Solarenergie in (ehemals) strukturschwachen Gebieten angesiedelt wurden, die nunmehr als neue Keime für spezifische Technologiezentren dienen („solar valleys“ in Ostdeutschland). Ferner sind hierzu z. B. neue Formen einer ökologischen Industriepolitik auf nationaler Ebene zu nennen, wie z. B. das *Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung* durch das Bundesumweltministerium (vgl. Kapitel 1.9).

**Fazit.** Die wesentlichen Förderinstrumente für REG tragen mittelbar zwar maßgeblich zu mehr Beschäftigung bei, verfolgen diesen Effekt aber nicht explizit in ihren Zielsetzungen. Demnach enthalten diese Instrumente auch keine dezidierten arbeitsmarktpolitischen Komponenten. Die Arbeitsmarktpolitik erfolgt bisher im Wesentlichen komplementär zur REG-Politik. Im Rahmen der europäischen Kohäsionspolitik und der Förderung von beruflicher Aus- und Weiterbildung bestehen aber mehr oder weniger direkte Schnittstellen zwischen Arbeitsmarktpolitik und REG.

#### 1.8.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel

Für die Darstellung und Kurzanalyse von Hemmnissen und Risiken, die im Zusammenhang von REG und Arbeitsmarkt(-Politik) relevant sind oder werden können, wird unterschieden zwischen übergreifenden Aspekten und solchen, die maßgeblich mit der Nutzung der Kernkraft, der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung (CCS) sowie der Steigerung der Energieeffizienz verknüpft sind.

**Generelle Hemmnisse und Risiken.** Angesichts des bestehenden Fachkräftemangels vor allem an Ingenieuren<sup>41</sup> kommt es prinzipiell zur Konkurrenz der verschiedenen technischen Wirtschaftszweige um das begrenzte Angebot an gut und einschlägig ausgebildeten Fachkräften. Das tatsächliche Ausmaß dieser Konkurrenzsituation wird allerdings durch viele weitere Faktoren (z. B. Spezialisierungsgrad durch die Ausbildung, Flexibilität der Fachkräfte und der Arbeitgeber, Gestaltung des Arbeitsmarktes, Unternehmensstrategien, energiepolitische bzw. -wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Zielsetzungen) beeinflusst. Dabei sind vom Ingenieurmangel nach einer Untersuchung des VDI in erster Linie kleine und mittelständische Unternehmen betroffen, da deren Attraktivität als Arbeitgeber u. a. aufgrund niedrigerer Löhne im Vergleich zu Großunternehmen als geringer eingeschätzt wird (VDI 2007). Demnach müsste die

<sup>41</sup> „Bereits seit dem Jahr 2005 herrscht auf dem Arbeitsmarkt für Ingenieure ein Engpass, der sich seither kontinuierlich verstärkt hat. Im Durchschnitt des Jahres 2007 standen einer gesamtwirtschaftlichen Ingenieurfrage in Form von rund 94.400 offenen Ingenieurstellen ein gesamtwirtschaftliches Ingenieurangebot von nur noch knapp 24.800 arbeitslos gemeldeten Personen gegenüber, so dass eine Lücke von etwa 69.600 Ingenieuren bestand. Im Vergleich zum Vorjahr ist die Ingenieurücke damit um etwa 44 Prozent angewachsen.“ (VDI 2008, 27)

eher von KMU geprägte REG-Branche stärker vom Fachkräftemangel betroffen sein als die Großunternehmen der konventionellen Energiewirtschaft wie z. B. E.ON, RWE und Siemens. Allerdings gelten REG allgemein als nachhaltige und zukunftssträchtige Leittechnologien, was den damit befassten Unternehmen prinzipiell eine hohe Attraktivität verleiht und ihre Konkurrenzfähigkeit bei der Anwerbung von Fachkräften stärkt. Unabhängig davon, wie stark die REG-Branche im Vergleich zu anderen Branchen betroffen ist, stellt der Fachkräftemangel aber ein generelles Hemmnis für den weiteren Ausbau und die erschließbaren Beschäftigungspotenziale durch REG dar.

Im Zuge des starken nationalen Ausbaus der REG im Inland konnten sich zahlreiche deutsche Unternehmen auch gut – zum Teil als Marktführer – auf dem Weltmarkt positionieren und können nun prinzipiell von dem anziehenden Welt- bzw. Exportmarkt profitieren. Sofern die Wertschöpfung weiterhin überwiegend im Inland stattfindet bzw. gehalten werden kann, profitiert davon direkt der heimische Arbeitsmarkt. Allerdings gibt es häufig auch Anforderungen, einen gewissen Teil der Wertschöpfung im Zielmarkt zu erbringen. In diesem Fall können mit den steigenden Exportquoten der REG-Industrie – je nach Exportmarkt – auch negative Beschäftigungseffekte und darüber hinaus Know-how-Verluste verbunden sein, die heute noch die Wettbewerbsfähigkeit sichern (vgl. Kapitel 1.9).

Der starke inländische REG-Markt zieht umgekehrt ausländische Investoren und Hersteller an, infolgedessen kann es zu einer Verlagerung von Wertschöpfung und Beschäftigung ins Ausland kommen. Dies gilt vor allem für die vorgelagerten Prozessketten bis zum Großhandel. Zum Beispiel wird in China ein sehr ehrgeiziger Ausbau von PV-Produktionskapazitäten (4.000 MWp bis 2010) verfolgt (REN21 2007), die voraussichtlich nahezu ausschließlich auf den Exportmarkt abzielen, da es in China selber bisher kaum Förderung für die Nutzung von PV-Anlagen gibt. Als Folge steigender Importe an REG-Produkten kann es in Deutschland zu negativen Beschäftigungseffekten kommen.

Neben den genannten Effekten liegen weitere Hemmnisse und Risiken für die Beschäftigten darin, dass der Markt und die Investitionsvolumina sehr schnell, ggf. zu schnell, wachsen. Die Gefahr und das Ausmaß von unternehmerischen Fehlentscheidungen werden größer und können zu Betriebs- und Arbeitsplatzverlusten entlang der gesamten Wertschöpfungskette führen. Außerdem steigt der Druck zur Rationalisierung und zur Konsolidierung/Bereinigung des Marktes, was sich ebenfalls negativ auf die Beschäftigung auswirken kann. In diesem Zusammenhang ist auch ein zunehmender Einstieg von großen, internationalen Energiekonzernen sowie von anderen Großunternehmen in den stark wachsenden REG-Markt von Bedeutung. Diese orientieren sich vermutlich noch mehr als die bisherigen Hauptakteure (Pioniere), d. h. die kleinen und mittelständischen Unternehmen, am internationalen Markt und können leichter Betriebsteile und Dienstleistungen ins Ausland verlagern.

**Kernenergie.** Nach Betreiberangaben gibt es in der Atomindustrie bis zu 38.000 Arbeitsplätze (direkt und indirekt Beschäftigte), die von einem Ausstieg aus der Nutzung

der Kernkraft – allerdings über einen langen Zeitraum verteilt – betroffen wären (BMU 2009a). Im Vergleich dazu arbeiten spätestens seit 1998 mehr Beschäftigte in der REG- als in der Atomindustrie und aktuell ist der Arbeitsplatzeffekt durch REG im Vergleich zur Kernenergie sogar in einzelnen Sparten (Windenergie und Photovoltaik) deutlich höher oder nahezu gleich hoch (Biomasse). Die Nutzung der Kernenergie ist daher im Vergleich zur REG-Branche aber auch im Vergleich zur restlichen Energiebranche insgesamt nur wenig beschäftigungsintensiv. Gleichwohl stehen beide Branchen – Kernenergie und REG – auf dem Arbeitsmarkt bezogen auf Auszubildende und Fachkräfte generell und bei Posten für z. B. Chemiker, Maschinenbauer, Verfahrens- und Elektrotechniker direkt in Konkurrenz zueinander. Welche Branche sich diesbezüglich perspektivisch besser durchsetzen kann bzw. weniger stark unter dem Fachkräftemangel leidet und welche Hemmnisse daraus entstehen (können), gehört zu den offenen Fragen.

Zudem handelt es sich aus Sicht der jeweiligen Standorte der Kernkraftwerke und umliegender – eher ländlicher – Regionen um relativ große Arbeitgeber, die zum Teil fest in der regionalen Struktur verankert sind bzw. diese geprägt haben (Stichwort Gewerbesteuer). Damit können Hemmnisse für den regionalen – energiepolitisch bedingten – Strukturwandel und die möglichen Beschäftigungseffekte durch REG verbunden sein. Der Umgang damit liegt im Wesentlichen in der Hand der Lokalpolitik. Der Betrieb und später der Rückbau eines Kernkraftwerks wird jedenfalls noch längerfristig Einfluss auf regionale Beschäftigung und Industriestrukturen haben. Strukturwandel und neue Arbeitsplätze müssen parallel dazu geschaffen werden, um negative Beschäftigungseffekte zu vermeiden.

**CCS.** Konkrete quantitative Angaben zu den möglichen Beschäftigungseffekten durch eine künftige Nutzung von CCS-Kraftwerken konnten nicht ermittelt werden. Im Kontext eines CCS-Pilotprojekts wurde der Arbeitsplatzeffekt jedoch als niedrig eingeschätzt (Gabriel/Jahn 2008). Unter der Annahme, dass CCS-Technologien im wesentlichen zur weiteren energetischen Nutzung von Kohle eingesetzt werden und mit ihrer Nutzung keine erhebliche Steigerung bei der Beschäftigung in der Kohleindustrie verbunden ist, dürfte die jetzige Beschäftigungslage eine gute Schätzgröße für eine künftige CCS-Kohleindustrie sein. Nach Angaben des Vereins „Statistik der Kohlenwirtschaft“ waren in der Kohlenwirtschaft Ende 2007 etwa 55.800 Personen direkt und bis zu etwa 92.600 Personen indirekt beschäftigt, insgesamt also etwa 148.400 Personen. (SDK 2008; GVST 2008). Der Arbeitsplatzeffekt ist damit nach Branchenangaben deutlich – um einen Faktor 3,9 – höher als in der Kernenergiebranche, dagegen aber im Vergleich zur REG-Branche um knapp einen Faktor 2 niedriger.

Neben diesem Vergleich der Arbeitsplatzeffekte gelten bezogen auf die REG im wesentlichen die gleichen beschäftigungsrelevanten Zusammenhänge (Konkurrenz um Fachkräfte und Einfluss auf regionale Industriestrukturen) und möglichen Hemmnisse wie zuvor für die Kernenergie dargestellt wurde. Aufgrund der Beschäftigungsgröße der Kohleindustrie sind diese allerdings von größerer Relevanz und entsprechend stärker zu berücksichtigen.

**Effizienzsteigerung.** Arbeitsplatzeffekte durch Energieeffizienz (EF) konnten nicht ermittelt werden<sup>42</sup>, so dass die möglicherweise hemmend wirkenden Zusammenhänge mit den REG nur rein qualitativ dargestellt werden. Arbeitsplätze im EF-Bereich können zum einen mit der gesamten Prozess- bzw. Wertschöpfungskette – von der Forschung bis zur Entsorgung – von EF-Technologien und zum anderen mit den einschlägigen Dienstleistungen in Verbindung gebracht werden. Dabei entfällt der größte Teil des globalen Marktvolumens für EF-Technologien (etwa 400 Mrd. Euro) auf die Bereiche Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR), Haushaltsgeräte sowie Gebäude-, Heiz- und Klimatechnik (BMU 2006a). Diese Branchen sind daher auch als besonders relevant für die Beschäftigung im EF-Bereich einzustufen. Eine genaue beschäftigungsspezifische Abgrenzung von EF-Tätigkeiten zu anders gelagerten Tätigkeiten ist dabei allerdings aufgrund ihres Querschnittcharakters häufig kaum möglich.

Besonders in den o. g. Bereichen MSR sowie Gebäude-, Heiz- und Klimatechnik gibt es inhaltliche Überschneidungen bezogen auf die (noch möglichen) Beschäftigungseffekte durch die REG- und EF-Branchen. In dieser Hinsicht besteht eine direkte Konkurrenz der beiden Branchen um das zu geringe Angebot an Fachkräften auf dem Arbeitsmarkt. Diese kann durch politische Prioritätensetzungen zugunsten einer der beiden Branchen – z. B. direkt im Hinblick auf Aus- und Weiterbildungsangebote oder indirekt durch Verbesserung der jeweiligen Förderung – noch verstärkt werden. Dadurch kann für jede Branche ein mehr oder weniger großes Hemmnis für das weitere Marktwachstum entstehen, weil Arbeitsplätze nicht ausreichend besetzt werden können.

Aus Sicht des Klimaschutzes bzw. der gesamtsystemaren Entwicklung relativiert sich dieses Hemmnis allerdings, da es sich um einander ergänzende Entwicklungen handelt, wenn man unterstellt, dass mit zunehmender Beschäftigung in der REG- oder EF-Branche jeweils auch ein positiver Beitrag zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen geleistet wird.

Ansonsten werden die nachfrageorientierten EF-Branchen und die angebotsorientierten REG-Branchen im Hinblick auf ihre Beschäftigungseffekte, ihre Wechselwirkungen auf dem Arbeitsmarkt und ihre strukturellen Wirkungen überwiegend als komplementär angesehen. Demnach bestehen keine weiteren Ansatzpunkte für gegenseitig hemmende Wirkungen.

### **1.8.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte**

Mit dem Ausbau von REG sind zunehmend positive Beschäftigungseffekte verbunden, sowohl brutto als auch netto. Zudem werden immer mehr neue Aus- und Weiterbil-

---

<sup>42</sup> Nach „Redaktionsschluss“ für den Endbericht wurde die Studie „Potenziale und volkswirtschaftliche Effekte einer ambitionierten Energieeffizienzstrategie für Deutschland“ veröffentlicht. Demnach lassen sich durch Energieeffizienz „bis zum Jahr 2020 zusätzlich 260.000 neue Arbeitsplätze schaffen“ (BMU 2009b). Eine weitergehende Berücksichtigung bzw. Auswertung war für diese Untersuchung nicht mehr möglich.

dungsangebote mit spezieller bzw. vorrangiger inhaltlicher Ausrichtung auf REG-Inhalte angeboten. Trotz ihrer relativ hohen Attraktivität sind auch die REG-Branchen von dem aktuellen und voraussichtlich noch länger andauernden Mangel an Fachkräften – insbesondere Ingenieure – betroffen und stehen diesbezüglich in Konkurrenz mit anderen Wirtschaftszweigen. Wie hoch ihre Konkurrenzfähigkeit auf dem Arbeitsmarkt dauerhaft ist und inwieweit daraus ein Hemmnis für den weiteren REG-Ausbau entsteht, gehört zu den offenen Forschungsfragen.

In den aktuell wichtigen REG-Förderinstrumenten sind bisher weder direkte arbeitsmarktpolitische Ziele noch entsprechende Instrumente vorhanden. Arbeitsmarkts- und REG-Politik verhalten sich daher – mit Ausnahme von amtlichen Weiterbildungsangeboten im REG-Bereich für die berufliche (Wieder-)Eingliederung von Arbeitslosen – komplementär zueinander. Aufgrund der engen und positiven Kopplung von Marktwachstum und Beschäftigung erscheint es aber auch nicht erforderlich, arbeitsmarktpolitische Zielsetzungen und Instrumente in die Instrumente zum REG-Ausbau zu integrieren. Erfolgreiche Instrumente zur Förderung von Marktwachstum, Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit im REG-Bereich werden in der Regel zugleich auch effektive Beschäftigungsinstrumente sein. Arbeitsmarktpolitik sollte in diesem Sinne eine flankierende Rolle übernehmen. Ein wichtiger Ansatzpunkt bezogen auf REG wäre die Unterstützung bzw. der Aufbau von adäquaten Aus- und Weiterbildungsangeboten.

## **1.9 Schaffung stabiler industriepolitischer Rahmenbedingungen und Schaffung von Exportmärkten**

### **1.9.1 Begriffsdefinition**

Industriepolitik ist die „gezielte Beeinflussung der sektoralen Produktionsstruktur einer Volkswirtschaft durch den Staat“ (Gabler 2000, S.1505). Wenn eine Technologie das Potenzial besitzt, sich allgemein positiv auf die Entwicklung heimischer Industrie auszuwirken und diese Entwicklung vom Staat beeinflusst werden kann oder wird, kann man also davon sprechen, dass dieses Produkt, diese Technologie, ein hohes industriepolitisches Potenzial besitzt<sup>43</sup>. Gelingt es z. B. aufgrund geeigneter politischer Rahmenbedingungen, die Ansiedelung neuer Produktionsstandorte im Inland zu erreichen, fördert dies die binnenwirtschaftliche Situation hinsichtlich der intendierten politischen Ziele zur Produktionsförderung sowie gegebenenfalls einer regionalspezifischen wirtschaftlichen Entwicklung (siehe hierzu auch Kap. 1.2)<sup>44</sup>. Verstärkend hinzu kommt, wenn die Technologie auch noch gute Aussichten hat, auf dem (Welt-)Markt hohe oder steigende Umsätze zu erzielen. In diesem Fall können Exportmärkte als weitere Ab-

---

<sup>43</sup> Es gibt laut Gabler Wirtschaftslexikon (Gabler 2000) drei Bereiche in der staatlichen Intention zu unterscheiden. Neben der Aufrechterhaltung inländischer Produktion für die Versorgungssicherheit und struktureller Anpassungsprozesse findet man die Stärkung zukunftssträchtiger Produktionsbereiche. Die beiden letztgenannten Aspekte kommen bei der hier erörterten Fragestellung zum Tragen.

<sup>44</sup> Im Verbund mit Arbeitsplätzen, Standortattraktivität etc.

satzmöglichkeit die Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale verstärken oder beschleunigen.

Für die Analyse des Exportgeschäfts muss eine Unterscheidung zwischen Exportmärkten im Gegensatz zu Zukunftsmärkten vorgenommen werden. Unter Exportmärkten werden im Folgenden – also bei der Branche für Erneuerbare-Energie-Technologien – Zielländer deutscher Unternehmen für den Export von Erneuerbare-Energie-Technologien mit dem Stand der Technik verstanden<sup>45</sup>. Dabei werden sowohl Länder und Technologien einbezogen, die heute schon be- bzw. geliefert werden, als auch kurz- bis mittelfristig erschließbare Exportziele. Zukunftsmärkte hingegen beziehen sich auf Technologien, die sich heute noch in der Demonstrationsphase befinden oder Nischenmärkte besetzen. Dies ist z. B. bei bestimmten Pilot-Technologien zur solarthermischen Stromerzeugung der Fall, oder auch bei Inselsystemen, die im Vergleich zu Großanlagen weltweit immer noch einen geringen Marktanteil haben<sup>46</sup>. Die in diesem Kapitel aufgegriffene Fragestellung analysiert die industriepolitischen Potenziale mit Bezug auf die Exportmärkte für deutsche Unternehmen in der REG-Branche. Hierbei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass aktuelle Exportmärkte nicht zwingend mit wichtigen Zukunftsmärkten korrespondieren. Die Frage nach Zukunftsmärkten wird später im Projektzusammenhang aufgenommen (siehe Kap. 1.10 zu globalen technischen Impulsen).

Im Folgenden wird zwecks Lesbarkeit, soweit sinnvoll, von der „Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale und den Chancen auf dem Exportmarkt“ nur in Form von „industriepolitischen Potenzialen“ die Rede sein.

### 1.9.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** Der Ausbau von REG wirkt sich positiv auf die industrielle Situation in Deutschland aus hinsichtlich einer Zunahme von Unternehmensaktivitäten, -gründungen und -wachstum, von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung sowie durch steigende Exporterfolge, wie dies von politischen Akteuren gewünscht ist. Industriepolitische Potenziale, die sich auf den Auf- und Ausbau einer heimischen REG-Industrie konzentrieren, können ausgeschöpft werden. Große Anteile des Umsatzes in der REG-Branche werden heute – je nach Technologie – mit dem verstärkten Export von Anlagen und Komponenten gemacht. Auch dies beeinflusst den Aufbau bzw. die Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale in Deutschland positiv.

---

<sup>45</sup> Stand der Technik wird definiert als „entwickeltes Stadium der technischen Möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt, soweit Produkte, Prozesse und Dienstleistungen betroffen sind, basierend auf entsprechenden gesicherten Erkenntnissen von Wissenschaft, Technik und Erfahrung“ (DIN 45020 2007).

<sup>46</sup> Für dezentrale Energiesysteme stellt z. B. Deutschland einen Einstiegsmarkt dar, Europa und Nordamerika gelten als Schlüsselmärkte für den Export, während die GUS, Südafrika, Indien, China, Südostasien, Australien und Mittel-/ Südamerika als langfristige Zukunftsmärkte gesehen werden (Fischedick 2004, S.119).

Für die Betrachtung von Industriepotenzialen sind die politischen Ziele der Bundesregierung maßgeblich, die unter anderem mit Hilfe von Wirtschaftsförderung erreicht werden sollen. Zu den allgemeinen Politikzielen in diesem Bereich werden eine insgesamt positive wirtschaftliche Entwicklung (einer Branche) und der Aufbau einer robusten Industrie gezählt – beziehungsweise die Förderung wirtschaftlicher Entwicklung. Letzteres sollte einhergehen mit einheimischer Wertschöpfung<sup>47</sup>, der Schaffung von Arbeitsplätzen<sup>48</sup>, dem Aufbau bzw. dem Erhalt von Wettbewerbsfähigkeit und - falls möglich - der Erschließung von Weltmarktpotenzialen durch die „intensive Begleitung beim Absatz von Umwelttechnik auf Auslandsmärkten“ (BMWi 2008)<sup>49</sup>. Die Exportgeschäfte beziehen sich hierbei insbesondere auf eine deutsche Technologieführerschaft<sup>50</sup>. Außerdem zielt Wirtschaftspolitik durch ressourcenschonende Produkte und Produktionsverfahren auf nachhaltiges Wirtschaften ab (BMWi 2008).

Die industriepolitischen Potenziale erneuerbarer Energien in Deutschland haben sich in den letzten Jahren als bedeutend herausgestellt, von daher können diese Technologien zu dem wachsenden Hochtechnologiebereich gezählt werden, auf den die Industriepolitik abzielt. Mit einer Steigerung der REG-Installationszahlen in Deutschland (und der Welt) entwickelte sich auch die REG-Industrie in Deutschland.

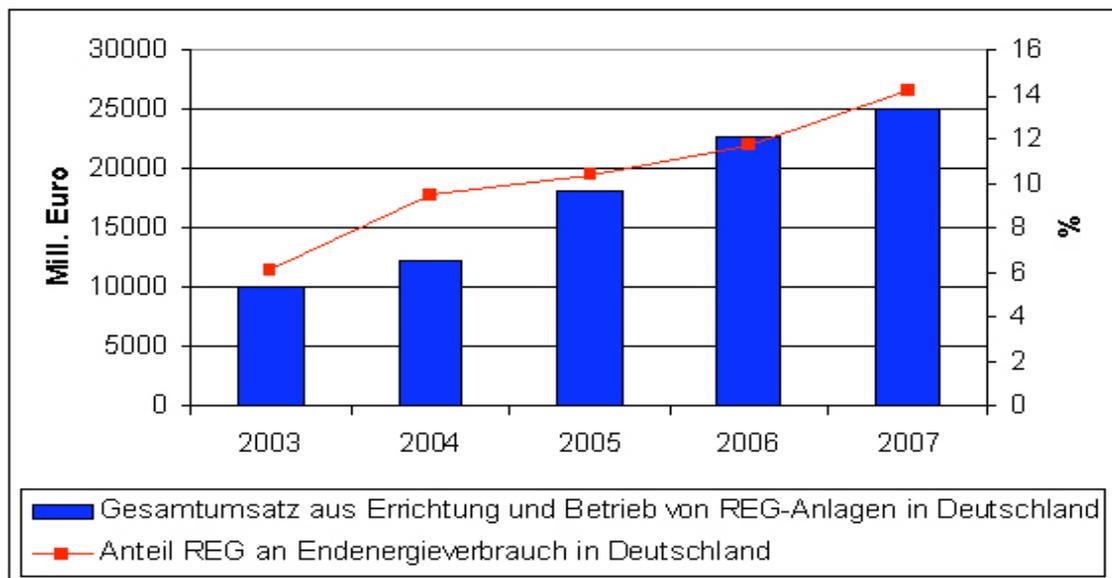


Abb. 1-7. Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. Eigene Darstellung nach BMU 2008

<sup>47</sup> Vgl. Kap. 1.2. Regionale Wertschöpfung

<sup>48</sup> Vgl. Kap. 1.8

<sup>49</sup> Deutschland gehört weltweit zu den bedeutendsten Warenexporteuren und demonstriert damit laut BMWi die Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie.

<sup>50</sup> Vgl. Kap. 1.10

Die Gesamtumsätze durch die Errichtung und den Betrieb von Anlagen in Deutschland konnten von 10 Mrd. Euro im Jahr 2003 auf etwa 25 Mrd. Euro im Jahr 2007 gesteigert werden. Schon die Errichtung von Anlagen führte im Jahr 2007 zu Umsätzen von 11 Mrd. Euro, davon wurden 45% durch Photovoltaik und 20% durch Windkraft erwirtschaftet (BMU 2008). Diese Umsatzsteigerungen konnten durch die Ausweitung von Produktionskapazitäten erreicht werden. Von 2004 bis 2007 stieg daher auch die Zahl der Arbeitsplätze in der REG-Branche um 55% auf etwa 250.000 (BMU 2008)<sup>51</sup>.

Die Produktionskapazität bei Holzpellets konnte von etwa 300.000 Tonnen in 2005 auf etwa 1 Mio. Tonnen in 2007 gesteigert werden. Bei Biodiesel konnten die Produktionsmengen von 3,6 Mio. Tonnen innerhalb eines Jahres auf etwa 4,4 Millionen Tonnen in 2007 wachsen. Im Bereich der Photovoltaik verzehnfachten sich die Produktionskapazitäten innerhalb von 8 Jahren (alle Beispiele nach Unendlich viel Energie 2008). Der deutsche PV-Markt ist in den letzten Jahren trotz Rohstoffengpässen bei der neu installierten Leistung überproportional gewachsen, von 44 MWp im Jahr 2000 auf 1100 MWp im Jahr 2007. Die in der Solarindustrie tätigen deutschen Unternehmen haben im Jahr 2007 einen Gesamtumsatz von 5,7 Mrd. Euro (Photovoltaik) bzw. 850 Mio. Euro (Solarthermie) erwirtschaftet (BSW 2008a, BSW 2008b).

Die deutsche Windkraftindustrie ist in den vergangenen zehn Jahren stark gewachsen. Die gesamten Umsätze der Branche setzen sich aus der Produktion und dem Bau von Onshore-Windkraftanlagen sowie deren Export, Repowering-Maßnahmen und der Produktion von Offshore-Windkraftanlagen zusammen. Der Gesamtumsatz der deutschen Windindustrie belief sich im Jahr 2007 auf über 11 Mrd. Euro. Das Windenergieunternehmen Nordex konnte z. B. die Umsätze und Produktionsleistungen innerhalb eines Jahres um fast 50% erhöhen. Unternehmen wie REPower haben in den letzten Jahren neue Produktionskapazitäten gebaut. Eine Produktionshalle für rund 150 Windkraftanlagen pro Jahr wurde 2007 erweitert, so dass eine Verdoppelung der Fertigungskapazität vorliegt (REPower 2007).

Diese Beispiele zeigen, dass durch die Ansiedlung neuer Produktionsstätten im Inland überproportional hohe Erfolge dieser Industriezweige erreicht werden konnten, die in direktem Zusammenhang mit den Zielen Unternehmenswachstum, Zunahme von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung stehen.

Da ein Teil der industriepolitischen Impulse über die Forschungsförderung realisiert wird, geben auch die Forschungsausgaben im Bereich der REG Auskunft über die Entwicklung<sup>52</sup>. Seit 2000 sind die Ausgaben des Bundes für die Forschungsförderung der REG und der Energieeffizienz leicht angestiegen und lagen bei knapp 250 Mio. Euro im Jahr 2007 (BMU 2007b)<sup>53</sup>. Vom BMU wurden 2007 Mittel von etwa 100 Mio.

---

<sup>51</sup> Detaillierter wird dieser Punkt in Kap. 1.8 behandelt.

<sup>52</sup> Dieses Thema wird noch ausführlicher in Kap. 1.10 behandelt.

<sup>53</sup> Dies ist etwa ein Drittel der gesamten Ausgaben für Forschungsförderung im Bereich Energie (BMU 2007).

Euro für die Forschungsförderung der REG bewilligt (BMU 2008). Diese Zahlen weisen keinen direkten Zusammenhang zwischen der Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale und der staatlichen Forschungsförderung auf, dies gibt einen Hinweis auf die fehlende Verknüpfung dieser Aspekte.

Die Entwicklung des Weltmarktes kann außerdem als Indikator für den Einfluss der weltweiten Entwicklung auf die industriepolitischen Potenziale in Deutschland untersucht werden. Im Bereich der Onshore-Windenergie sind z. B. die Möglichkeiten im deutschen Binnenmarkt zunehmend ausgeschöpft und die Geschäftsstrategien deutscher Unternehmen richten sich auf die expandierenden Auslandsmärkte aus.

Bei einem Exportanteil der deutschen Windindustrie von etwa 55% (BWE 2008) wird die Bedeutung der Auslandsmärkte für die deutsche Industrieentwicklung deutlich. Die Exportquote der Windanlagenhersteller soll weiter steigen, von 78% im Jahr 2007 auf 84% im Jahr 2008 (BWE 2008). Die Exportquote der deutschen Solarindustrie beträgt inzwischen knapp 45% und bis 2010 sollen rund 5 Mrd. Euro durch Auslandsgeschäfte erwirtschaftet werden. Deutsche Unternehmen installierten im Jahr 2007 über 2000 MWp PV-Leistung (BSW 2008a). Im Jahr 2000 waren die Installationszahlen noch deutlich geringer. Die Umsatzsteigerung und Produktionsleistungssteigerung um fast 50% von 2007 bis 2008 bei Nordex wurde bei einer Exportquote von 95% substantiell durch den Auslandsmarkt bestimmt (Nordex 2008).

**Fazit:** Erneuerbare Energien können die Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale in der gezeigten Weise positiv beeinflussen. Daher stehen industriepolitische Potenziale und der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in einem engen Wirkungszusammenhang.

### **1.9.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien**

Im Einzelnen können über einen Rückbezug auf die oben erwähnten übergreifenden Intentionen von Industriepolitik, wie strukturelle Anpassungsprozesse und Stärkung zukunftssträchtiger Produktionsbereiche, auch die spezifischen politischen Ziele dargestellt. Diese bestehen in Arbeitsplatzschaffung, Wertschöpfung, Exporttätigkeiten und Unternehmensgründung, -konsolidierung und -wachstum.

Um die angestrebten Ziele in einzelnen Branchen erreichen zu können, werden mit Steuerungsinstrumenten der Wirtschaftsförderung Maßnahmen formuliert. Dabei nimmt Industriepolitik in erster Linie Einfluss über direkte und indirekte monetäre Maßnahmen. Dazu zählen (nach BMU 2007b) die Unterstützung struktureller Anpassungen sowie die Förderung industrieller Potenziale durch den Aufbau von Wachstumskernen, die Kooperation von Unternehmen und besondere Beachtung der Bedürfnisse von KMU. Mit gezielten Maßnahmen sollen einerseits Marktverzerrungen z. B. durch oligopolartige Strukturen einer Branche ausgeglichen werden, andererseits die Markterschließung für bestimmte zukunftssträchtige Technologiezweige erleichtert werden, d. h. die Maßnahmen sollen als Katalysator wirken.

### Fallbeispiele<sup>54</sup>

**Luft- und Raumfahrtindustrie.** In den 1970er Jahren wurde das Airbus-Konsortium<sup>55</sup> von mehreren europäischen Staaten aus industriepolitischen Erwägungen heraus gegründet. Außer möglichem Technologietransfer und einer generellen strategischen Bedeutung der Luftfahrtindustrie für den verteidigungspolitischen Bereich sollte das hohe finanzielle Risiko und die hohen Anfangsinvestitionen in dieser Branche mitgetragen werden, da außer den erwarteten hohen Gewinnen auch neue Arbeitsplätze entstehen sollten. Die Förderung wurde durch monetäre Mittel (Garantiefonds, Anschubinvestitionen, Forschungsförderung) realisiert sowie durch politische Maßnahmen wie die „Entwicklung einheitlicher Richtlinien zur Normung, Ausbildung und Kontrolle im Flugzeugbau“ (BMU 2007, S.28) und durch Bestrebungen, auf internationale Regelungen im Branchenwettbewerb einzuwirken.

**Kernkraft.** Nach dem zweiten Weltkrieg entwickelte sich die Kernenergie zu einem strategischen Industriezweig, sowohl aus verteidigungspolitischen wie auch aus energiepolitischen Begründungen heraus. Auch in dieser Branche konkretisierte sich die industriepolitische Förderung insbesondere durch monetäre Maßnahmen wie hohe Forschungsausgaben<sup>56</sup> und Risikoübernahmen durch den Staat. Das BMU bemerkt jedoch dazu, dass der „Ausstiegsbeschluss in Deutschland und das schwache weltweite Interesse an weiteren Kernkraftwerken [...] als Fazit einer gescheiterten Industriepolitik angesehen werden [kann], da es trotz hoher finanzieller Anstrengungen nicht gelungen ist, eine sichere und nachhaltige Erzeugungstechnologie zu entwickeln.“ (BMU 2007b, S.38).

Ein übergreifender Aspekt dieser Fragestellungen bezieht sich auf die Entwicklung des sogenannten *local content*<sup>57</sup>, ein den Export betreffendes (immer wieder in den internationalen REG-Märkten) eingesetztes Politikinstrument. Die klassischen deutschen Maschinen- und Anlagenbaubranchen stehen oftmals vor dem Problem, dass insbesondere zukunftssträchtige Märkte wie China oder Brasilien einen vor Ort produzierten Anteil fordern. Bezogen auf die REG-Industrie liegen bei Konzessionsprojekten in China die local-content-Anforderungen bei 70% (BFAI 2007), im Rahmen des Proinfa-Programms in Brasilien bei 60%. Aber auch Länder wie Portugal oder einzelne spanische Provinzen haben ähnliche Regelungen erlassen.

Solche Regelungen, die in unterschiedlichen Industriebranchen zu finden sind, zwingen deutsche Unternehmen, entweder lokal zu produzieren, Komponenten vor Ort zu kaufen oder über Fusionen und Lizenzen vor Ort zu arbeiten. Trotz weltweit umstritte-

---

<sup>54</sup> Alle Beispiele sind BMU (2007) entnommen.

<sup>55</sup> Heute Teil des EADS-Konzerns.

<sup>56</sup> Seit Mitte der 1970er Jahre bis 2007 wurden für die kerntechnische Forschung preisbereinigt etwa 24 Mrd. Euro ausgegeben, und aktuell fließt immer noch etwa die Hälfte der Forschungsgelder im Bereich Energie an die Kernkraftforschung (BMU 2007b).

<sup>57</sup> Lokale Herstellung oder Wertschöpfung.

ner Regelungen zu local-content-Maßnahmen<sup>58</sup> müssen diese politisch gesetzten Rahmenbedingungen in eine Exportstrategie miteinbezogen werden.

Die dargestellten Beispiele zeigen, dass industriepolitische Bestrebungen schon immer eine Rolle in der Politikformulierung gespielt haben, indem geförderte Technologien auf breiter Ebene unterstützt wurden.

Von den allgemeinen wirtschafts- bzw. industriepolitischen Zielen ausgehend, lassen sich die spezifischen Politikziele hinsichtlich einer Ausschöpfung des Industriepotenzials bei REG und die Erreichbarkeit dieser Ziele ableiten. Hierbei muss auch die seit dem Jahr 2006 von Bundesumweltminister Gabriel propagierte ökologische Industriepolitik betrachtet werden (BMU 2006b). In diesem Memorandum wird der sogenannte New Deal<sup>59</sup> als „ökonomische Spezialisierungsstrategie“ verstanden, bei dem sich Deutschland als globaler Dienstleister für Umwelttechnik versteht.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass das Ausschöpfen von Industrie- und Arbeitsplatzpotenzialen und die Förderung regionaler Strukturen in gegenseitiger Wechselwirkung stehen<sup>60</sup>. Zielen bestimmte Fördermaßnahmen auf eines der Elemente ab, werden auch die anderen (positiv) beeinflusst.

Um industriepolitische Ziele wie Strukturförderung und Unterstützung von zukunfts-trächtigen Technologien im Bereich des Ausbaus der REG zu erreichen, werden zahlreiche Fördermaßnahmen angewandt. Da dieses Kapitel die Ausschöpfung von Industriepotenzialen und die Erschließung von Exportmärkten betrachtet, fließen außer den direkten REG-Fördermechanismen auch direkte und indirekte Instrumente der Industrieförderung und der Außenwirtschaftsförderung in die Analyse mit ein.

**Erneuerbare Energien Gesetz (EEG).** Die erste Fassung des wichtigsten Förderinstrumentes für REG – das EEG – setzt als Ziel fest, „im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und den Beitrag Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung deutlich zu erhöhen“ (EEG 2000). Auch Versorgungssicherheit wird als Ziel gesehen. In diesem ersten Zusammenhang bei der Zielformulierung werden jedoch lediglich „ökonomische Entwicklungschancen“ (EEG 2000) und ein wirtschaftliches Potenzial genannt. Erst in späteren Absätzen der Begründung wird darauf hingewiesen, dass von erneuerbaren Energien Impulse für bestimmte Industriezweige ausgehen können, da z .B. die Entstehung einer Windkraftanlagenindustrie in Deutschland auf das zuvor gültige Stromeinspeisegesetz zurückgeführt werden könne. Auch potentielle Exportchancen werden erst im Kon-

---

<sup>58</sup> Eigentlich sind diese Maßnahmen im Rahmen von *Trade Related Investment Measures* (TRIM) der WTO verboten oder nur eingeschränkt möglich.

<sup>59</sup> Ein von Bundesumweltminister Gabriel verwendeter Begriff, mit dem er für eine (neue) Beziehung zwischen Wirtschaft und Umweltbelangen plädiert, der historisch an die massiv gebündelten Wirtschaft- und Sozialreformen in den USA zu Beginn der 1930er Jahre angelehnt ist.

<sup>60</sup> Spezifische Politikziele im Rahmen von Industriepotenzialen, die einheimische Wertschöpfung und die Schaffung von Arbeitsplätzen betreffen, werden in den Kapiteln 1.4 und 1.8 betrachtet.

text der Begründung angesprochen und nicht bei der primären Zielsetzung. Somit kann festgestellt werden, dass im EEG selbst ein industriepolitisches Potenzial vordergründig nicht abgebildet ist, jedoch die Marktentfaltung einer REG-Industrie durchaus induziert werden sollte und in der Begründung thematisiert wird: „Deshalb hat die Markteinführung erneuerbarer Energien eine nicht zu unterschätzende industriepolitische Bedeutung, schon weil es wegen der Weltklimaprobleme als sicher angesehen werden kann, dass der weltweite Bedarf dafür in stark wachsenden Maße vorhanden sein wird. Ähnliche industrielle Effekte wie in der Windenergieindustrie sind durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz in den anderen Bereichen der Nutzung Erneuerbarer Energien zu erwarten.“ (EEG 2000). In späteren Versionen des EEG und auch dem Entwurf für die geplante Neufassung im Jahr 2009 sind industriepolitische Potenziale nicht als Ziel genannt, lediglich die „Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien“ (EEG 2009) (als Zweck des Gesetzes) soll gefördert werden.

**Regionalspezifische Industrieförderprogramme.** Andere politische Rahmenbedingungen, die industriepolitische Potenziale erneuerbarer Energien beeinflussen, sind in regionalspezifischen Industrieförderprogrammen zu suchen<sup>61</sup>. Hierbei werden standortspezifische Gegebenheiten und auch vorhandene Fördergelder von Land, Bund oder EU genutzt, um REG-Industrien auf- und auszubauen. Als Beispiel können die vermehrten Industrieansiedlungen in Bundesländern wie Thüringen oder Sachsen herangezogen werden („SolarValley Thüringen“). Solche Infrastrukturprogramme oder z. B. Gründergelder zur Produktionsansiedlung, die über Jahre hinweg durch gezielt betriebene Industriepolitik zur Förderung der regionalen Wirtschaft (insbesondere in Ostdeutschland) bestanden, kommen auch den REG-Branchen zugute. Trotzdem sind sie aber überwiegend durch prinzipielle Fördervorhaben zu erklären und stehen in keinem direkten Zusammenhang mit der vermehrten Konzentration auf die REG-Branche in den letzten Jahren. Die Ansiedlung einzelner Firmen der REG-Branche hat jedoch zu einem Zuzug von Zulieferern oder vorgelagerten Produktionsschritten geführt<sup>62</sup>.

**Darlehensprogramme.** Verschiedene Darlehensprogramme, z. B. von der KfW<sup>63</sup>, aber auch auf kommunaler Ebene, haben bei der Markteinführung den REG-Ausbau durch die finanzielle Unterstützung beim Anlagenkauf unterstützt. Diese Programme fördern den Absatz der REG-Technologien, die Binnenmarktentwicklung und so indirekt den Aufbau einer heimischen Industrie, sind aber primär nicht auf industriepolitische Potenziale ausgerichtet, da die Ziele der Industriepolitik, wie sie oben dargestellt sind, keine Erwähnung in den Förderrichtlinien oder -begründungen finden.

---

<sup>61</sup> vgl. Kap. 1.4

<sup>62</sup> Wie Firmen berichten, die sich an solchen Standorten niedergelassen haben.

<sup>63</sup> KfW-Programm „Solarstrom erzeugen“ für Privatnutzer, das ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm und das KfW-Umweltprogramm für gewerbliche Antragsteller.

**Exportförderung.** Für Exportsteigerungen bzw. den Einstieg in den Exportmarkt zum Ziel der Wirtschaftsförderung können insbesondere zwei direkte Instrumente eingesetzt werden, zum einen die finanzielle Unterstützung und zum anderen die Unterstützung bei der Markterschließung.

Die Exportinitiative Erneuerbare Energien der DENA wurde 2002 speziell für die REG-Exportförderung geschaffen, um der deutschen REG-Industrie, auch durch die Vernetzung von verschiedenen Angeboten der Exportförderung, (Markt-)Informationen zu bieten und das Auslandsengagement zu unterstützen. Mit diesem Instrumentarium erfolgt eine direkte Förderung der REG-Industrie zur Sicherung der Exportstrategie auf dem Weltmarkt<sup>64</sup>.

Finanzielle Exportfördermaßnahmen existieren in unterschiedlicher Weise von staatlicher Seite. Dazu gehört zum einen die Exportfinanzierung<sup>65</sup>, zum anderen die Absicherung von Exportkrediten über sogenannte Hermesbürgschaften. In den letzten Jahren konnte eine allgemeine Zunahme des Finanzierungsvolumens beobachtet werden, auch durch einen stärkeren Fokus der Kreditgeber auf den REG-Bereich. Dies weist auf Erfolge mit der bisherigen Finanzierungsstrategie hin.

**Fazit:** Industriepolitische Potenziale spielen bisher in der politischen Meinungsbildung und bei der Formulierung von Förderpolitiken für erneuerbare Energien eine untergeordnete Rolle. Bei den REG-spezifischen Politiken wie dem EEG werden diese Potenziale lediglich erwähnt, aber nicht als Zweck oder Ziel angesehen. Noch weniger jedoch sind sie bei allgemeinen industriepolitischen Maßnahmen konkret abgebildet. Lediglich gezielte Exportförderprogramme sind auf die Steigerung und Verbreitung deutscher Technologie im Ausland und somit auf die Förderung der REG-Industrie ausgerichtet. Bei den meisten Mechanismen ist die Förderung industriepolitischer Potenziale somit als Windfall Profit zu sehen.

#### 1.9.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel

Hemmend kann sich bei dem Einsatz genereller industriepolitischer Fördermaßnahmen eine (eventuell regionalspezifische) konkurrierende Technologieförderung auswirken, z. B. eine generelle Unterstützung von Großkraftwerksinfrastrukturen (wie Netzauslegung) oder konkurrierende Energieträgerförderung.

Der durch das EEG erreichte Standortvorteil der deutschen Industrie<sup>66</sup> lässt bei nachgebendem Binnenmarktpotenzial ebenfalls nach (die zunehmende Bedeutung der Auslandsmärkte für einzelne REG-Branchen wurde schon angesprochen). Daher können fehlende Auslandsorientierung oder Exporterfolge auch negativ auf den Industrieaus-

<sup>64</sup> Auch im Sinne einer German Industrial Identity – also „Made in Germany“.

<sup>65</sup> Insbesondere die KfW-IPEX-Bank.

<sup>66</sup> Im Sinne von *first mover advantages*.

bau in Deutschland rückwirken, indem sowohl im Inland als auch im Ausland Marktchancen fehlen oder abnehmen.

Die konkurrierenden Strukturelemente REN, CCS und KE können teilweise ebenfalls hemmend auf die Ausschöpfung industriepolitischer Potenziale wirken. Diese Konkurrenztechnologien weisen zum Teil andere Industriestrukturen auf, könnten aber prinzipiell auf die Nachfrage nach REG-Technologien und die Entwicklung industrieller Absatzmärkte rückwirken. Im Folgenden werden daher Vor- bzw. Nachteile einzelner Optionen in ihrer Wirkung hinsichtlich industriepolitischer Potenziale und Exportmärkte untersucht.

**Kernkraft.** Der Bau von Kernkraftwerken erfordert sehr spezialisierte High-Tech-Industrien. Da Deutschland auch durch den Atomausstieg keine inländische Nachfrage für diese Technologie hat, wandern dementsprechend die Industrien ab bzw. spielen keine entscheidende industriepolitische Rolle in Deutschland. Die noch ausstehenden nationalen „Altlasten“ beziehen sich auf Betrieb und Wartung, Stilllegung, Rückbau und die Endlagerfrage. Allerdings sind in Deutschland ansässige Unternehmen, die Kernkraftwerke bauen, noch für den Exportmarkt tätig.

Die im Kernenergiebereich tätigen Anlagenproduzenten verfolgen unterschiedliche Strategien, bieten aber insgesamt mehrere tausend Arbeitsplätze in Deutschland. Alstom fertigt wegen des Atomausstiegs nicht mehr in Deutschland. Siemens Power Generation (PG) fertigt nur noch Komponenten und ist über eine Minderheitsbeteiligung an Areva angeschlossen<sup>67</sup>. In diesem Technologiebereich wird auf eine starke Verknappung von Fachkräften in Deutschland hingewiesen, die sich aufgrund des Ausstiegs bemerkbar macht. Die in Deutschland tätige Areva-Gruppe erhöhte jedoch seit 2000 die Mitarbeiterzahl um 40% und konnte ebenfalls den Umsatz im Bereich Kernreaktoren und Service steigern (IG Metall 2007). Ein Großteil des Umsatzes von 1,5 Mrd. Euro resultiert aber aus langfristigen Wartungsverträgen und nicht aus Bauaufträgen. Areva ist in diesem Technologiesegment führend und zuständig für etwa ein Drittel der weltweit installierten Kernkraftwerkskapazität. Zielmärkte sind insbesondere Asien und die USA. Im Vergleich zu den Entwicklungen der REG-Industrien sind somit – auch bedingt durch die Geschäftsstrategien der meisten Produzenten in Zusammenhang mit dem Ausstiegsbeschluss – nur eine geringe Anzahl von Arbeitsplätzen verbunden und die Umsätze zumindest bei der Areva-Gruppe zwar im Trend zunehmend, aber insgesamt mit einer deutlich schwächeren Steigerung als in früheren Dekaden.

Einerseits wird der Export nuklearer Technologien seit der Verabschiedung von Umweltleitlinien im Jahr 2001 prinzipiell nicht mehr mit deutschen Hermesbürgschaften unterstützt. Auf der anderen Seite fördert die Europäische Investitionsbank (EIB) z. B. REG-Projekte – nicht nur im Bereich Export – mit jährlich 600-800 Mio. Euro, nachdem ein Aktionsplan 2007-2009 verabschiedet wurde, der verstärkt die REG-Förderung for-

---

<sup>67</sup> Areva vereint unterschiedliche Zusammenschlüsse von Siemens (KWU) und Framatome.

dert. Außerdem werden zur Förderung der Technologieverbreitung für REG angepasste Finanzierungsinstrumente entwickelt. Auf den ersten Blick können im industriellen Bereich also keine wesentlichen bremsenden Elemente für den Ausbau von REG festgestellt werden.

Auf dem globalen Markt wird jedoch eine Renaissance der Kernenergie diskutiert. Viele Länder propagieren den Ausbau oder den Einstieg in die Kernenergie, darunter auch einige mit hohen REG-Potenzialen. Diese internationale Marktlage beeinflusst natürlich die Nachfrage und somit auch die REG-Industrie und den deutschen Export negativ durch den insbesondere auf den Klimawandel bezogenen oft wahrgenommenen substitutiven Charakter der KE.

Für die deutsche Industrie stellt sich – neben Themen wie qualifizierten Arbeitskräfte und Technologietransfer – die Frage nach der Konkurrenz von Kernenergie zu REG-Technologien bei finanzieller Unterstützung von Staatsseite. Fragen zur Forschungsförderung werden in Kap. 1.10 behandelt, allerdings wirken ungleiche Förderbedingungen sowie ungleiche finanzielle staatliche Unterstützung auch auf industriepolitische Potenziale hemmend. Die gesamten Ausgaben des Bundes für Forschungsförderung im Bereich Energie fließen immer noch zu etwa der Hälfte in die Kernenergie (BMU 2007). Vergangene nicht realisierte oder fehlgeschlagene Kernkraftwerkprojekte sowie die Sanierung des ostdeutschen Uranbergbaus kosten den Staat etwa 16 Mrd. Euro. Darüber hinaus haftet der Staat bei Unfällen mit Summen von 2,8 Mrd. Euro pro Schadensfall (subsidiär), und Rückstellungen der Kernkraftwerksbetreiber für Entsorgung und Lagerung sind steuerfrei – was von einigen Seiten als „versteckte staatliche Beihilfe“ gesehen wird (BMU 2007b).

#### **Beispiel: Neubau eines Kernkraftwerks in Finnland**

Ein aktuelles Beispiel, welches den Finanzierungsbedarf eines Kernkraftwerks aufzeigt und auch Fragen im Bereich der Exportmärkte und der finanziellen Unterstützung von staatlicher Seite aufwirft, ist der Kredit für einen Kernkraftwerksneubau in Finnland. Von dem vereinbarten Festpreis von 3,2 Mrd Euro wird über die Hälfte von einem europäischen Bankenkonsortium über einen Exportkredit mit einem Zinssatz von 2,6% bereitgestellt. Die bayerische Landesbank beteiligt sich mit 570 Mio. Euro an dem Projekt (Fügemann 2007). Unabhängig von der umstrittenen Entscheidung der EU-Kommission, dass dieser Kredit keine Beihilfe darstelle, sind diese Finanzmittel mit sehr hohem Volumen kontraproduktiv zu den staatlichen Bemühungen und Leitlinien deutscher Exporttätigkeiten im Bereich erneuerbare Energie zu sehen. Diese stehen vor Problemen, wie z. B. dem Bedarf an höheren Anfangsinvestitionen bei geringen Betriebskosten, und die teilweise höheren Transaktionskosten erfordern entsprechendes Risikokapital oder eine höhere Beteiligung von staatlicher Seite.

Betrachtet man diese zusätzlichen Faktoren, kann die Kernenergie als hemmendes Strukturelement bezeichnet werden. Die Kernenergie steht somit generell in Konkurrenz zu REG.

**CCS.** CCS-Technologien könnten sich durch die großen Nachfragezuwächse nach Kohletechnologien insbesondere in den asiatischen Ländern und den USA zu einer Zukunftsindustrie entwickeln. Allerdings steigt die Nachfrage nach allen Energieerzeugungstechnologien in Ländern wie Indien und China insgesamt so stark an, dass eine parallele Industrieentwicklung unkritisch zu sein scheint.

Bei der Finanzierung von Exporttätigkeiten spielen prinzipiell die gleichen Punkte wie bei der Kernenergie eine Rolle. Da CCS durch die Umweltrichtlinien jedoch nicht von Exportförderung auf deutscher Seite ausgeschlossen wird, sollte hier ein besonderes Augenmerk für die Zukunft liegen, damit sich CCS-Technologien nicht als konkurrierendes Strukturelement entwickeln.

**Energieeffizienz.** Von der Seite der Energieeffizienz können Synergien erwartet werden, wenn potentielle Zielländer von REG-Technologien eine Gesamtstrategie hin zu nachhaltigerem und niedrigerem Energieverbrauch verfolgen. Gesammeltes Know-how deutscher Unternehmen kann dann „im Paket“ an diese Märkte verkauft werden. Da bei allen Exportkreditgebern und auch im Bereich der Industrieförderung in Deutschland sowohl REG als auch REN parallel eine stärkere Unterstützung erfahren, besteht aus finanzieller Perspektive eine ständige Konkurrenz dieser zwei Optionen im Hinblick auf Fördermaßnahmen, aus Klimaschutzperspektive ergänzen sie sich jedoch. Gerade die Bündelung von Kompetenzen, z. B. bei den Außenwirtschaftsämtern oder den Initiativen der DENA, unterstreicht dies. Insgesamt können REN-Technologien tendenziell als förderndes Strukturelement gesehen werden.

### 1.9.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte

Der durch das EEG erreichte Standortvorteil für deutsche Unternehmen lässt bei nachgebendem Binnenmarktpotenzial nach und damit sinkt auch die positive indirekte Wirkung auf die Ausschöpfung von Industrie- und Exportpotenzialen. Wenn der Förderung innovativer Technologien<sup>68</sup> in Zukunft kein dem hohen industriepolitischen Potenzial angemessener Stellenwert eingeräumt wird und weitere Entwicklungsschritte der deutschen Industrie auf dem Binnenmarkt und dem Weltmarkt z. B. durch Maßnahmen der Exportinitiative ermöglicht werden, könnte der erwartete REG-Ausbau von anderen Ländern angeführt oder übernommen werden.

In einem Bericht aus dem Jahr 2005 zur Entwicklung und zu weiterem Handlungsbedarf bezüglich der Exportinitiative wird z. B. festgestellt, dass „einige der von der Branche benannten Hemmnisse von Deutschland aus nur mittelbar beeinflusst werden können, da sie sich aus den auf den Zielmärkten herrschenden Rahmenbedingungen ergeben. Dies sind zum einen Probleme der Unternehmen beim Markteintritt, zum anderen Fragen der Finanzierung von Auslandsgeschäften bzw. -projekten.“ (DENA

---

<sup>68</sup> Beispielsweise durch ausreichende Forschungsgelder im Verhältnis zu anderen Energietechnologien, mit einem angepassten EEG und durch ein adäquates EEWärmeG.

2005, S.30). Da aber gleichzeitig in diesem Bericht erwähnt wird, dass eines der größten Probleme deutscher Unternehmen auf Auslandsmärkten (immer noch) die Finanzierung ist, wird hier nochmals der Handlungsbedarf für diesen Bereich deutlich. Somit erzeugt die Exportinitiative positive Effekte bezüglich industriepolitischer Potenziale und der Erschließung von Auslandsmärkten, muss aber weiterhin und verstärkt durch geeignete Finanzierungsmechanismen unterstützt werden. Die Konzentration von Fördermitteln auf den Binnenmarkt wird zukünftig vermutlich gerade bei eingeführten Technologien wie PV und der Windindustrie geringere industriepolitische Effekte zeigen als bisher.

So sind an dem Punkt finanzieller Exportfördermaßnahmen noch verschiedene Forschungsfragen zur Zukunft deutscher REG-Exporte offen, wie z. B. zur Zukunftsfähigkeit von Exportstrategien der deutschen Industrie, zur Unabhängigkeit deutscher Industriepotenziale von nationaler Förderpolitik und zum Erfolg bisheriger Exportförderungsmaßnahmen.

Bisher existiert z. B. noch keine adäquate Forschung zur Frage von Unternehmensgründungen im REG-Bereich. Hier können Ergebnisse eines laufenden Forschungsvorhabens vom Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG) der TU Berlin, dem Wuppertal Institut und dem Lehrstuhl für Unternehmensgründung und Wirtschaftsentwicklung der Bergischen Universität Wuppertal (IGIT) Klarheit bringen, in wieweit Programme vorhanden sind und erfolgreich zur Förderung des Aufbaus einer REG-Industrie beitragen.

Allgemein kann ein Problem der Datenerfassung bei Statistiken zum Export bzw. Außenhandel festgestellt werden, diese Erfassung ist jedoch nötig, um wirtschaftlichen Erfolg zu quantifizieren. Die Messung konkreter oder auch qualitativer Ziele wird durch die zum Teil unzureichende Datenlage erschwert. Ebenso ist die Methodik der statistischen Erfassung unzureichend für die Überprüfung der wirtschaftlichen Lage der REG-Industrie. Insgesamt wird hier die Problematik deutlich, dass viele Unternehmen und ihre Produkte in der Wertschöpfungskette erneuerbarer Energien durch den „multiple usage“ Charakter der Produkte statistisch nicht oder nur schwer erfassbar sind. Dies spielt insbesondere in Bezug auf die Rolle traditioneller Maschinen- und Anlagenbauer eine Rolle.

Weiterhin können Informationen zur Industrieentwicklung in erster Linie den entsprechenden Publikationen der Branchenverbände entnommen werden, wie dem Bundesverband für Solarwirtschaft (BSW) oder dem Bundesverband Windenergie (BWE). Internationale Zahlen zu REG-Industrien können auch Publikationen der EU entnommen werden, wie dem Euroserv'Er oder den Veröffentlichungen der Internationalen Energieagentur (IEA) oder der Energy Information Agency (EIA). Studien von Banken oder Beratungsunternehmen geben einen Einblick in die unternehmerische Situation der REG-Branche in Deutschland. Hierzu zählen z. B. Publikationen von Ernst&Young oder von Deutsche Bank Research. Trotzdem fehlen gebündelte Informationen aus Perspektive der REG-Industrien.

## 1.10 Induktion globaler technologischer Impulse

### 1.10.1 Begriffsdefinition

Zur Bestimmung des Einflusses globaler technologischer Impulse mit dem Ausbau von REG oder deren Interaktion in Deutschland ist es wichtig, eine genauere Definition zu versuchen.

Ein Verständnis von globalen technologischen Impulsen kann das Konzept der Technologiediffusion generieren, indem die wirkenden Impulse als global wirkende Technologiediffusion aufgefasst werden können. Ein Impuls kann gestartet werden, falls der (deutsche) Binnenmarkt ökonomisch und technologisch die Voraussetzungen durch die Etablierung einer Technologie schafft. Geht ein Impuls von Deutschland aus, d. h. führt die technologische Entwicklung in Deutschland zu globalen Impulsen, in deren Folge innovative Technologien global diffundieren und in anderen Ländern einen signifikanten Markt schaffen, kann man auch davon sprechen, dass Deutschland ein lead market ist. Dies sind „geographic markets which have the characteristic that product or process innovations, which are designed to fit local demand preferences and local [...] conditions, can subsequently be introduced successfully in other geographic markets as well and commercialised world-wide without many modifications.“ (Beise 1999, S.4 in Jänicke 2000a, S.11-12). Jänicke konkretisiert den Begriff der lead markets noch enger in Hinsicht auf ökologische Innovationen. Diese „bieten Verbesserungen bzw. Lösungen für Umweltprobleme, die zumeist weltweit oder zumindest in einer großen Zahl von Ländern anzutreffen sind.“ (Jänicke 2000a, S.12). Dabei spielt auch das sogenannte „window of opportunity“ eine Rolle (vgl. Rogers 2003)<sup>69</sup>, d. h. eine gesteigerte Problemwahrnehmung kann Technologiediffusion beschleunigen<sup>70</sup>.

Im Zusammenhang mit REG können bei globaler Technologiediffusion abhängig von der Wirkung mehrere Entwicklungen beobachtet werden:

- Es können innerhalb von Technologiepfaden wirkende Impulse untersucht werden. Dabei wird betrachtet, in welche Richtung sich eine bestimmte REG-Technologie technologieintern entwickelt, und welche Impulse zu dieser Entwicklung geführt haben.
- Auch die Kategorie des Technologietransfers kann zu dem Konzept der Technologiediffusion gezählt werden, der in besonders starker Ausprägung zum sogenann-

---

<sup>69</sup> Jänicke et.al. sprechen auch von einem Politikfenster (policy window), dass „die Etablierung eines politischen Themas ermöglicht.“ (2000b, S.55).

<sup>70</sup> Wird z. B. die Klimawandelproblematik verstärkt in der Öffentlichkeit bzw. Politik wahrgenommen, ist der Zeitpunkt günstig für die Einführung klimaschonender Technologien oder Förderpolitiken.

ten leap frogging wird<sup>71</sup> und technologieinterne Impulse für Zukunftsmärkte erzeugt<sup>72</sup>.

- Zum anderen kann untersucht werden, welche Impulse von einem Technologiepfad nach außen weitergegeben werden, d. h. welche technologischen Entwicklungen von REG induziert werden. Dies betrifft z. B. die Entwicklung von Speichertechnologien, Lastmanagementtools oder dezentraler Regelungstechnik als Folgetechnologien.

Ein globaler Impuls wirkt sich auf alle in einem Marktsegment relevanten Länder aus, d. h. auf alle Exportmärkte einer deutschen Branche, wenn ein Impuls von der deutschen Industrie ausgeht. Er ist aber ebenso für Zukunftsmärkte zu berücksichtigen, da die zukünftige technologische Entwicklung durch global einwirkende Impulse z. B. durch Technologietransfer mitbestimmt wird.

### 1.10.2 Hypothese und Analyse

**Hypothese:** REG haben einen positiven Einfluss auf die globale Technologiediffusion und die Entwicklung von Deutschland als lead market, wie dies von politischen Akteuren gewünscht ist. Im Einzelnen bedeutet dies, dass internationaler Technologietransfer und auch Verbreitungspfade von Technologien bei REG (z. B. von nationalen Industrien) beeinflusst werden können und so in einem positiven Rückbezug zu Branchen-, Technologie- bzw. Marktwachstum bei REG führen. Außerdem kann parallel abhängige Technologieentwicklung gefördert werden, die für eine weitere Verbreitung von REG fördernd wirkt. Daher können globale technologische Impulse – Technologiediffusion – als treibende Kraft für den Ausbau von REG wirken.

**Technologieverbreitungspfade.** Am Beispiel Windenergie kann festgestellt werden, dass die zu Beginn der modernen technologischen Entwicklung vor etwa 25 Jahren vorhandene Vielfalt sich deutlich auf einige wenige verwendete Grundformen reduziert hat. Waren anfangs noch Windkraftanlagen mit einem Rotorblatt bis hin zu Anlagen mit vier Rotorblättern in der Erprobungsphase, hat sich der Markt jetzt weitgehend auf Maschinen mit Dreiblattrotoren verengt. Allgemein wird für die Stromerzeugung aus Windkraft<sup>73</sup> die Dreiblattlösung inzwischen als technisch am vorteilhaftesten gesehen, vermutlich da die Beherrschung schwingungstechnischer Probleme einfacher ist (Molly

---

<sup>71</sup> Der Begriff *leap frogging* (engl. für Bockspringen) bezeichnet das Überspringen einzelner Entwicklungsstufen, z. B. bei der Technologieentwicklung. Im Zusammenhang mit Entwicklungsländern wird dieser Begriff verwendet, um die Möglichkeit aufzuzeigen, z. B. das sogenannte „fossile Zeitalter“ zu überspringen und direkt die „Folgegeneration“ an stromerzeugenden Technologien – wie die REG – anzuwenden.

<sup>72</sup> Zur Definition von Zukunftsmärkten siehe Kap. 1.5

<sup>73</sup> D. h. bei der Verwendung von Schnellläufern.

1990)<sup>74</sup>. Bei getriebelosen Maschinen, wie z. B. von Enercon, spielt auch die Frage der verminderten Getriebeübersetzung bei mehr Rotorblättern keine Rolle mehr (ebd.).

Beispiel: Internationaler Windkraftanlagenmarkt.

Auf dem Weltmarkt dominieren insgesamt zehn Hersteller mit 95% Marktanteil. Etwa ein Drittel der Windkraftanlagen und Vorkettenprodukte werden von deutschen Unternehmen<sup>75</sup> geliefert, während der restliche Markt unter dänischen, amerikanischen und spanischen Firmen aufgeteilt ist, siehe Abb. 1-8 (BWE 2007). Die auch auf dem deutschen Markt tätige Fuhrländer AG spielt auf dem internationalen Markt im Moment noch keine signifikante Rolle. Von 2005 bis 2006 steigerte sich das gesamte Weltmarktvolumen des Windenergiemarktes nach neu installierter Leistung um 45%, das entspricht über 15000 MW und 15 Mrd. Euro Umsatz. Enercon hat im Jahr 2005 fast 15% der weltweiten Marktanteile besetzt. Laut Bundesverband Windenergie (BWE) gehen „über 70 Prozent der in Deutschland hergestellten Windräder und Bauteile [...] mittlerweile in den Export“ (ebd.). Wichtigste Zielmärkte für den Export deutscher Unternehmen der Windenergiebranche sind die EU-Länder, die USA und Kanada, Indien, China und Japan.

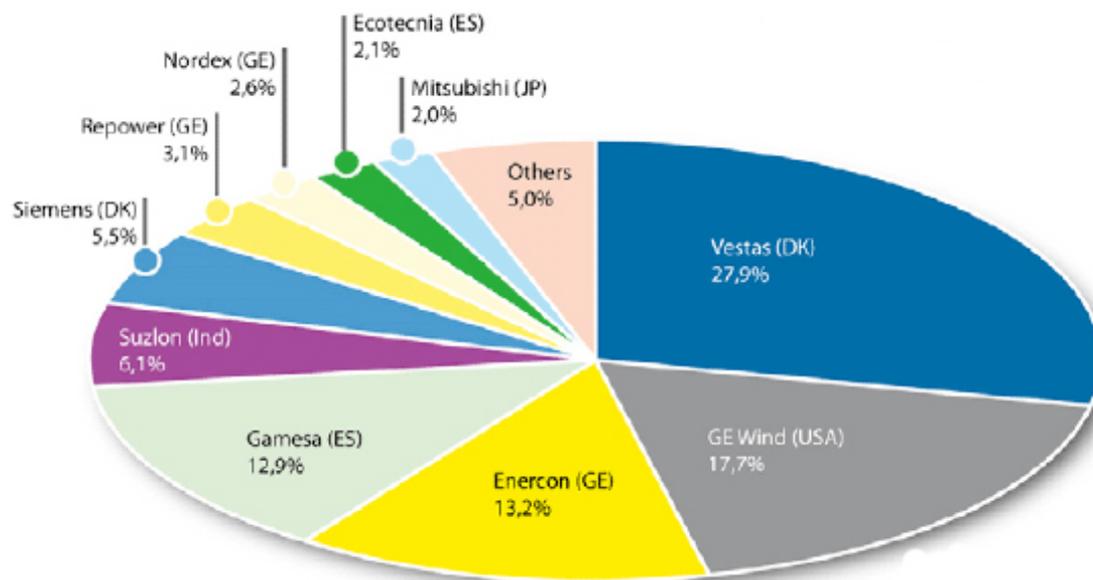


Abb. 1-8. Anteil am Neubau der installierten Leistung der zehn größten Windkraftanlagenhersteller 2005. BWE 2007

Im Sinne der wechselwirkenden Technologiepfadhypothese stellt sich die Frage, ob der in den letzten zehn Jahren erfolgte, sprunghafte Ausbau der Windkraft unter anderem durch die Konzentration auf eine technologische Entwicklungsschiene zu erklären

<sup>74</sup> D.h. die „durch äußere Kräfte erzwungenen Gierschwingungen“ (Molly 1990, S.97) sind regelmäßig und damit auch einfacher zu beherrschen.

<sup>75</sup> Insbesondere Enercon und RePower.

ist, oder ob der Ausbau der Windkraft diese technologische Entwicklung forciert hat, d. h. ob diese technologischen Impulse als Ergebnis des Marktes zu sehen sind. Da Deutschland und Dänemark die höchsten Ausbauprozentagen vorweisen, könnte angenommen werden, dass dieser technologische Impuls sich zuerst in diesen Ländern national ausgebreitet hat, um sich dann global zu etablieren. Die Verengung auf eine Technologieschiene, die vermutlich entscheidend von den Ländern mit hohen Ausbauprozentagen und starken REG-Industrien geprägt wurde, könnte diesen dabei geholfen haben, mehr und schneller Erfahrungen mit einer spezifischen Technologie zu sammeln<sup>76</sup> und so von einem Technologievorsprung bzw. Innovationsvorsprung zu profitieren, was sich in Wechselwirkung positiv auf den Ausbau der REG-Nutzung auswirkte. Entscheidende globale technologische Impulse für die Entwicklung spezifischer Technologiepfade wirken so von den Unternehmen aus, die den Weltmarkt dominieren. Der innerhalb eines Technologiezweiges wirkende Impuls wird demnach international aufgenommen.

**Beispiel: Der Photovoltaik-Markt.**

Die wichtigsten Zielmärkte für den Export von Solarzellen sowie PV-Modulen aus der Endfertigung deutscher Hersteller sind – wie bei der Windenergie – die USA, Japan, China, die EU-Länder sowie Indien, Südkorea und Australien. Auf internationaler Ebene spielen insbesondere japanische Unternehmen eine große Rolle. Unter den fünf größten Solarzellenproduzenten sind vier aus Japan und einer, die Q-Cells AG, aus Deutschland. Von den Top 12 kamen im Jahr 2006 vier aus Deutschland (Euroserv'Er 2006). Q-Cells hatte 2005 einen Exportanteil von 45%, und Conergy zielte auf einen Exportanteil von 50% bis 2008 ab, der 11% der weltweiten Marktanteile betragen sollte (Schweiger 2005). Die Solarworld AG stieg Mitte 2006 durch die Übernahme der Aktivitäten von Shell im Bereich der solaren Siliziumtechnologie zu den Weltmarktführern auf. Im Jahr 2006 wurden über 40% des Umsatzes außerhalb von Deutschland erzielt (Solarworld 2006). Somit gehen auch auf dem Solarenergiemarkt wichtige Impulse von deutschen Unternehmen aus.

Der Einfluss deutscher Unternehmen auf dem Weltmarkt führt zu einem zu geringen internen Anpassungskosten deutscher Produkte. Dies unterstützt eine schnellere Markterschließung. Darüber hinaus kann durch die Positionierung als lead market auch eine Anpassung externer (internationaler) Anbieter an die deutsche Technologieschiene forciert werden. Jänicke spricht in dem Zusammenhang ökologischer lead markets von zwei Ausstrahlungseffekten: ein nationaler Markt kann als Basis für die Expansion in globale Märkte wirken, oder aber die internationalen Anbieter werden veranlasst, Produkte und Verfahren zu erzeugen, die den strengeren Umweltregulierungen des lead markets entsprechen (nach Jänicke 2000a, S.12).

<sup>76</sup> Dies trifft natürlich insbesondere für den Windanlagenmarkt zu, da dieser von wenigen großen Herstellern dominiert wird, was zu einer Verengung des Technologieportfolios führt.

Die hohen Anteile deutscher Produkte und die geringe Zahl an Ländern, in denen REG-Technologien produziert werden, zeigen, dass ein weiterer Aspekt für Technologieverbreitungspfade und globale technologische Impulse relevant sein kann: Bei der internationalen Technologieentwicklung spielen Normungsprozesse eine große Rolle. Das Verständnis um die Bedeutung der deutschen REG-Industrie im Rahmen dieser Prozesse kann helfen, die Pfade technologischer Entwicklungen besser nachzuvollziehen. Es ist sowohl möglich, dass erst eine Technologieentwicklung stattfindet, für die anschließend Standards gefunden werden, als auch, dass ein Normungsprozess am Anfang eines Entwicklungspfades steht. So ist es denkbar, dass Technologien national eine bestimmte Stufe der Marktreife entwickelt haben. Bevor dann die internationalen Märkte eine kritische Größe erreichen und zu neuen Zielmärkten werden, kann die Verbreitung nationaler Technologiestandards unterstützt werden, indem sie über Normungsverfahren a priori festgelegt werden. Zum anderen ist eine Verbreitung der Technologien, zu Beginn national und zunehmend international, denkbar. Bei Erreichen einer kritischen Marktgröße werden Normungen sinnvoll und nötig und von internationalen Gremien erarbeitet. Sind deutsche Technologieinteressen<sup>77</sup> ausreichend in diesen Prozess eingebunden, kann ein wesentlicher globaler technologischer Impuls von Deutschland ausgehen und zur weiteren Verbreitung deutscher Technologien beitragen.

Die Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik (DKE) im Deutschen Institut für Normung (DIN) und Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) ist mit der Normung von Photovoltaikanlagen, Windenergieanlagen und Meeresenergieanlagen beauftragt<sup>78</sup>. Dabei wird die Kommissionsarbeit von den betroffenen Verbänden<sup>79</sup>, Herstellern und Forschungsinstituten unterstützt, und auch in der internationalen Normung sind die deutschen Experten aktiv eingebunden.

Deutsche Normungsgremien können a priori einen Beitrag zur Marktentwicklung leisten durch die frühzeitige Formulierung bzw. Anwendung von Normen. Unternehmen profitieren dann von der Übernahme von internationalen Normen. Außerdem können durch Normungsprozesse Probleme in den Entwicklungspfaden von Technologien behoben werden.

In einer Veröffentlichung des DIN wird der Zusammenhang von Normung und gesamtwirtschaftlichen Effekte untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Übernahme internationaler Normen einen positiven Einfluss auf den Außenhandelsüberschuss ausübt und somit zu einem kompetitiven Vorteil beiträgt (DIN 2000, S.222). Wird dies mit

---

<sup>77</sup> D. h. die deutsche REG-Industrie, die Verbände und Forschungsinstitute.

<sup>78</sup> Photovoltaikanlagen (K 373); Windenergieanlagen (K 383); Meeresenergieanlagen (K 385).

<sup>79</sup> Auch der VDMA ist z. B. beteiligt bei Technical Committees (TC). Dies sind TC 82 Solar Photovoltaic, TC 88 Windturbines, TC 105 Fuel Cell Technologies, TC 105 Marine Energy und TC 238 Solid Bio-fuels.

einem hohen Exportanteil gleichgesetzt<sup>80</sup>, der gleichzeitig für eine breite Verbreitung deutscher Technologie spricht, kann es als Bestätigung dafür gesehen werden, dass Normungsprozesse allgemein dazu beitragen, technologische Impulse global zu verbreiten. Durch die Beteiligung am Normungsprozess können die deutschen REG-Industrien auch Einfluss auf die Entwicklung und Technologiepfade von Zukunftsmärkten nehmen.

Beispiel: Patentstreitigkeiten von Enercon in den USA.

Die Erfahrung des Windkraftanlagenherstellers Enercon gibt einen Einblick in die Dynamik technologischer Marktentwicklungen: In einem Fall gelangten Pläne der getriebelosen Windkraftanlagentechnologie von Enercon in die Hände eines US-amerikanischen Konkurrenten, der diese Technologie patentieren ließ. In einem daraufhin angestrebten Verfahren wurde Enercon der Eintritt in den US-amerikanischen Markt bis 2010 untersagt. Ein wichtiger Exportmarkt ist damit dieser alternativen technologischen Entwicklungsschiene aus deutscher Herstellung mittelfristig verschlossen.

Insgesamt kann also festgestellt werden, dass der Einfluss nationaler Industrien mittels Technologiediffusion über angepasste Technologieverbreitungspfade einen positive Wirkung auf das Wachstum der REG hat.

**Technologietransfer.** Unter Technologietransfer können zwei verschiedene Prozesse verstanden werden. Hütz-Adams und Haakonsson sprechen dabei von dem Unterschied zwischen dem Transfer von Produkten oder dem Transfer von Technologien (vgl. Hütz-Adams/Haakonsson 2008, S. 10). Das eine kann mehr als die Stärkung der inländischen Industrien verstanden werden (Marktöffnungsstrategie), während das andere als Entwicklungszusammenarbeit verstanden werden kann. Trotzdem stärken beide Pfade die Verbreitung von REG und können parallel verfolgt werden, da Entwicklungs- und Schwellenländer oft mit der Produktion von High-Tech-Komponenten bei REG überfordert sind und somit und auf Ausbildung des lokalen Personals und die technologische Unterstützung (z. B. aus Deutschland) angewiesen sind (ebd.). Werden von den beteiligten Ländern nachhaltige Strategien verfolgt, kann dieser Technologietransfer sowohl für die Seite des Industrielandes wie auch des Entwicklungslandes profitabel sein – für die eine Seite werden potentielle Absatzmärkte oder Technologieverbreitungspfade geschaffen, die andere Seite profitiert aus ökologischen und auch sozioökonomischen Gründen.

Der Beitrag deutscher Unternehmen in der REG-Branche kann auf Grund des globalen Technologievorsprungs bei dieser win-win-Situation signifikant sein. Zum einen kann durch gezielte lokale Beteiligung die Wirtschaft dieser Länder direkt unterstützt werden und dies mit ökologisch wünschenswerten Produkten (REG). Außerdem können die deutschen Unternehmen relevante Zukunftsmärkte für bzw. bei den sich entwickelnden

---

<sup>80</sup> Dies ist durchaus möglich: „Da sich die Verwendung bzw. Übernahme europäischer bzw. internationaler Normen [...] als die dominante Exportstrategie herauskristallisiert...“ (DIN 2000, S.281).

Volkswirtschaften erschließen, wie z. B. netzferne Anwendungen, dringend benötigte Meerwasserentsalzungsanlagen oder kleine Biomassekraftwerke, und so globale Technologiediffusion fördern.

Ende 2008 sind z. B. knapp 50 CDM-Projekte mit deutscher Beteiligung im Bereich erneuerbare Energien (UNFCCC 2008) bei der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) registriert, vorwiegend in China und Indien<sup>81</sup>. Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) war 2006 mit etwa 1,6 Mrd Euro bei der Förderung von REG-Projekten und Energieeffizienzprojekten involviert<sup>82</sup>. Der Betrag teilte sich auf 132 laufende Vorhaben auf, wobei 65 Projekte der Verbreitung von REG dienten und 67 Vorhaben zur Erhöhung der Energieeffizienz (BMZ 2006)<sup>83</sup>. Weiterhin konnten z. B. 2005 über eine Sonderfazilität für erneuerbare Energien und Energieeffizienz fünf Vorhaben mit 170 Mio. Euro gefördert werden.

Technologietransfer ist also eine treibende Kraft für REG, da der Transfer von Industrieländern zu Entwicklungsländern<sup>84</sup>, d. h. die Erschließung neuer Märkte, eine Voraussetzung für wachsende Branchen und die Verbreitung von REG-Technologien darstellt. Generell kann Technologietransfer als ein Beitrag zur nachhaltigen ökologischen Entwicklung von Entwicklungs- und Schwellenländern gesehen werden, die ökologische und wirtschaftliche Position verbessern und außerdem zur Konfliktminimierung und Milderung von Armut beitragen.

**Impulse für Folgetechnologien.** Die weitere Verbreitung von REG erfordert die Auseinandersetzung mit Technologien zur Energiespeicherung, da viele der regenerativen Energiequellen nicht bedarfsorientiert zur Verfügung stehen. Durch die zunehmende Installation von Kleinanlagen und mehr Windenergieeinspeisung werden auch spezielle Regelungstechniken sowie Lastmanagementtools bei der Netztechnik notwendig. Es kann angenommen werden, dass durch den Ausbau von REG auch eine weitere Entwicklung dieser Technologien gefördert wird.

In einer Studie von Roland Berger und dem Umweltbundesamt wird z. B. deutlich, dass nicht nur für PV oder Windkraft die Markterwartungen hoch sind. Auch für Brennstoffzellen, die (je nach Verwendung) als eine Folgetechnologie von REG gelten können, wird ein Wachstum von 20% pro Jahr bis 2020 projiziert (UBA 2007a, S.5). Für das

---

<sup>81</sup> Der Anteil an Emissionsminderungen ist laut UBA geringer als der Anteil an REG-Projekten im CDM-Bereich (UBA 2007b). Dies kann damit erklärt werden, dass REG-Projekte oftmals kleiner sind als z. B. Effizienzprojekte. Außerdem sind REG-Projekte nur bei dem Klimagas CO<sub>2</sub> wirksam, das „ein niedrigeres Treibhauspotenzial als die anderen Kyoto-Gase hat. EE-Projekte erzielen daher relativ wenige Certified Emission Reductions (CER). Wenn man zudem noch den derzeitigen CER-Preis in Betracht zieht, hat der CDM derzeit nur einen relativ geringen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von EE-Projekten.“ (Brouns et.al. 2007).

<sup>82</sup> Davon ein Teil über die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

<sup>83</sup> In 2008 beträgt der Gesamthaushalt des BMZ 5,1 Mrd. Euro, in 2007 etwa 4,5 Mrd. Euro.

<sup>84</sup> Auch im Zusammenhang mit leap frogging.

Themenfeld Wasserstoff und Brennstoffzellen wurde ein nationales „Innovationsprogramm“ (BMBF 2006c) zur Förderung der Marktentwicklung gestartet, um den Abstand zu anderen Vorreiterländern zu verringern. Auch das Budget für die Brennstoffzellenforschung ist (insbesondere seit 1999) sprunghaft gestiegen (ebd., S.6). Ein weiterer Trend auf dem deutschen REG-Markt geht zu kombinierten Lösungen im Gebäudebereich (BSW 2007b). Dies fördert die Marktentwicklung der dort verwendbaren Technologien, und somit Forschungsprojekte im Bereich der Regelungstechnik und Speichertechnologien<sup>85</sup>. Deutschland wird auch als Vorreiterstandort für die technologische Entwicklung von saisonalen Wärmespeichern gesehen (BMU 2006a). Im Jahresbericht 2006 des BMU zur Forschungsförderung bei REG (BMU 2006b) wird außerdem auf die Bedeutung von Technologien zur Optimierung von Stromnetzen im Zusammenhang mit dem weiteren Ausbau der REG hingewiesen.

Daher können die verstärkten Forschungs- und Anwendungsanstrengungen, die Entwicklung sowie der Einsatz dieser Folgetechnologien im direkten Zusammenhang mit dem REG-Ausbau gesehen werden.

**Fazit.** REG können globale technologische Impulse positiv beeinflussen. Daher stehen diese in einem engen Wirkungszusammenhang. Aufbauend auf dieser Aussage werden in den folgenden Unterkapiteln die politischen „Beziehungen“ zwischen globalen technologischen Impulsen und REG analysiert.

### 1.10.3 Bedeutung des Politikziels im Förderinstrumentarium erneuerbarer Energien

Das Ziel Technologiediffusion hängt eng mit der Entwicklung von deutschen Innovationen und somit auch deutscher Technologieführerschaft, der Wettbewerbsfähigkeit deutscher (REG-)Industrien auf dem Weltmarkt und der Erschließung von Weltmarktpotenzialen zusammen<sup>86</sup>.

Im Jahr 2006 wurde vom BMU ein Leitpapier zur ökologischen Industriepolitik veröffentlicht. Diese ökonomische Spezialisierungsstrategie (der New Deal) soll Deutschland zu einer Spitzenstellung auf dem globalen Markt für Umwelttechnologien verhelfen: „Als globaler Umweltechnikdienstleister des 21. Jahrhunderts [trägt] die Ökologische Industriepolitik [...] damit bei zu neuem Wachstum, neuen Märkten und neuer Beschäftigung.“ (BMU 2006a, S.9). In der deutschen Umweltpolitik wird somit versucht, die Chancen der globalen Technologiediffusion in die Zielformulierung zu integrieren.

Neben den industrieökologischen Politikzielen sind im Rahmen der Diskussion über Technologiediffusion auch Politikziele hinsichtlich des Technologietransfers zu betrachten, der sich in erster Linie im Einflussbereich der Entwicklungspolitik abspielt. Deut-

<sup>85</sup> Beispielsweise ein Forschungsprojekt am Fraunhofer ISE zu Wärmespeichertechnologien.

<sup>86</sup> Deutschland zählt weltweit zu den größten Warenexporteuren und zeigt damit auch die „Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie“ (BMW 2007).

sche Technologieinteressen sind jedoch nicht Ziel der Entwicklungszusammenarbeit, die in erster Linie über das BMZ koordiniert wird. Leitlinien in dem entwicklungsbezogenen Zusammenhang sind nur hinsichtlich der Finanzierung zu finden. Im Rahmen des Monterrey-Konsensus wurden international mehrere Punkte fixiert, die zur Finanzierung der Millennium Development Goals (MDG) dienen sollen. Zwei der sieben Maßnahmen gehen dabei von einer Beteiligung der Industrie und des Handels aus, zielen aber nicht auf Technologiediffusion sondern im Gegenteil auf Förderung der Produktion in Entwicklungsländern und auf finanzielle Unterstützung ab<sup>87</sup>. Die Thematik „technologische Impulse“ ist daher nicht im direkten entwicklungspolitischen Kontext verankert.

Allgemeine Aufmerksamkeit erfährt die Thematik Technologiediffusion von der Seite der Forschung und Entwicklung, hier insbesondere vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Dieses hat die sogenannte "Hightech-Strategie für Deutschland" lanciert, um Deutschland in besonders innovativen Bereichen an die Weltspitze zu führen. Dafür wurden 17 sogenannte Zukunftsfelder definiert, die im Rahmen der Forschungsförderung und Innovationspolitik besondere Aufmerksamkeit erfahren und für welche systemintegrativ positive Rahmenbedingungen geschaffen oder verbessert werden sollen. Bis 2009 sind zu diesem Zweck 15 Mrd. Euro bereitgestellt worden (BMBF 2008a).

**Erneuerbare Energien Gesetz (EEG).** Die Thematik Technologiediffusion wird im EEG nicht direkt angesprochen. Interessanterweise wurde jedoch die Formulierung des Ziels in der EEG-Fassung von 2004 gegenüber der ersten von 2000 erweitert. Nun soll auch die „Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien“ (Deutscher Bundestag 2004) durch das EEG gefördert werden. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich neben Klima- und Umweltschutz der Bereich der Technologieentwicklung als sehr relevant und als solches kommerzialisierbar herausgestellt hat. Auch wird in der Begründung zum EEG von 2000 darauf hingewiesen, dass erst mit Mindestpreisvergütungen<sup>88</sup> die industrielle Entwicklung einer REG-Branche in Deutschland möglich war, die zu einer technologischen Spitzenstellung, insbesondere hinsichtlich Auslandsmärkten, geführt hat.

Der Preisaufschlag durch das EEG kann jedoch auch als Aufwendung für REG-Forschung interpretiert werden. Durch den hohen Anteil an Installationen auf dem Binnenmarkt im Zusammenhang mit dem EEG wird z. B. eine weltweite technologische Entwicklung in großen Teilen durch Deutschland getragen. Das deutsche EEG kann in diesem Sinne als globale Technologiesubvention aufgefasst werden, da sich die nationale F&E-Förderung in globalem Technologiefortschritt niederschlägt. Dies bedeutet

---

<sup>87</sup> Maßnahme 2: Ausländische Direktinvestitionen sollen die Wirtschaft in den Entwicklungsländern stärken. Maßnahme 3: Der internationale Handel soll als Motor für Entwicklung gefördert werden. Die Industrieländer sollen dazu ihre Märkte für Produkte aus den Entwicklungsländern öffnen (BMZ 2008b).

<sup>88</sup> Wie das StrEG oder das EEG.

aber auch, dass die deutsche REG-Industrie generell einen gewissen Einfluss auf globale technologische Impulse nehmen kann.

**Fördermaßnahmen in der Entwicklungszusammenarbeit.** Das Mittel der Entwicklungszusammenarbeit zur Verbreitung von globalen technologischen Impulsen muss sehr differenziert betrachtet werden. Die Wirkungstiefe kann unter anderem über einen internationalen Vergleich der finanziellen Mittel erfolgen, die für die Entwicklungszusammenarbeit (EZ) zur Verfügung stehen. Deutschland erreicht dabei hinsichtlich der absoluten Ausgaben für die Official Development Assistance (ODA) den fünften Platz und zählt damit zu den größten Geberländern. Beim relativen Anteil in Bezug auf das Bruttonationaleinkommen, der sogenannten ODA-Quote, besetzt Deutschland allerdings nur den dreizehnten Platz (BMZ 2008a)<sup>89</sup>.

Die Grundsätze der deutschen EZ zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung müssen jedoch „eine ökologische, eine ökonomische und eine soziale Komponente“ (BMZ 2003) beachten. Da seit dem Zeitpunkt der ODA-Anhebung – ab 1998 – insbesondere das ökologische Paradigma in Deutschland (bzw. bei der deutschen Politik) an Bedeutung gewonnen hat, findet sich dieser Einfluss auch in der Wirkung der EZ wieder. Sieht man über diesen Weg eine starke Verbreitungsmöglichkeit für REG-Technologien, wirken die Maßnahmen der EZ positiv auf die globalen technologischen Impulse ein, da auch der deutsche Beitrag in der EZ vergleichsweise wichtig bzw. bekannt ist. Ein konkretes Beispiel findet sich in einem Projektevaluierungsbericht der Entwicklungsbank der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) über die Windenergieentwicklung in China. Um die Rolle der REG in China zu stärken, wurde der Bau von mehreren Windkraftanlagen gefördert. Trotz verschiedener Probleme hat das Vorhaben gezeigt, dass „die industrielle Windenergieproduktion in China eine realistische Alternative ist“ und außerdem „dazu beigetragen [hat], den breitflächigen Einsatz einer technologischen Innovation zu ermöglichen bzw. zu beschleunigen“ (KfW 2006b, S.55). Mit der Unterstützung zum eigenen Handeln können so auch im Sinne globaler technologischer Impulse Nachhaltigkeits-Leitsätze (wie die Anwendung von REG-Technologien), die in Deutschland zunehmend die Politik beeinflussen, verbreitet werden.

Bei dem projektbasierten Mechanismus CDM des Kyotoprotokolls sind laut Artikel 12 zwei Ziele definiert: „Zweck des Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung ist es, die nicht in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien dabei zu unterstützen, eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen und zum Endziel des Übereinkommens beizutragen, und die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien dabei zu unterstützen, die Erfüllung ihrer quantifizierten Emissionsbegrenzungs- und -reduktionsverpflichtungen

---

<sup>89</sup> Die Netto-ODA im Jahr 2006 beträgt für Deutschland 10,35 Mrd US \$. Die ODA-Quote liegt bei 0,36. Allerdings hat sich dieser Wert seit seinem Tiefststand im Jahr 1998 von 0,26 auf 0,36 stetig gesteigert (BMZ 2008a).

aus Artikel 3 zu erreichen.“ (UNFCCC 2008). Technologiediffusion spielt daher keine primäre Rolle für den CDM.

**Forschungsförderung.** Technologiediffusion wird nicht explizit als Ziel der Forschungsförderung im REG-Bereich genannt, aber „Markteinführungsinstrumente und die konsequente Förderung von Forschung und Entwicklung [unterstützen], dass deutsche Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien zur internationalen Spitzenklasse gehören“ (BMU 2006a, S.9). Somit fehlt zwar eine direkte Motivation in diesem Bereich, implizit soll sie jedoch durch eine Vorreiterstellung deutscher Technologien erreicht werden. Allerdings wird der Verbreitungspfad von REG über die Induktion von Folgetechnologien als wichtig erachtet: „Angesichts des starken Wachstums der erneuerbaren Energien liegt ein Schwerpunkt auf der Optimierung der Stromnetze. Besondere Bedeutung wird in diesem Zusammenhang die Weiterentwicklung von Speichertechnologien haben.“ (ebd., S.10). Das Budget in Deutschland betrug jedoch lediglich 460 Mio. Euro für die direkte Energieforschung (FZJ 2006), und der Anteil von REG lag bei etwa einem Drittel.

Mit der neu verabschiedeten „High-Tech Strategie“, die beim BMBF verortet ist, wird jedoch ein neuer Impetus gegeben. Zu den geförderten 17 Zukunftsfeldern gehört auch die Energietechnologie, und ein Unterpunkt betrifft den Ausbau erneuerbarer Energien<sup>90</sup>.

**Fazit.** Globale technologische Impulse spielen bisher in der politischen Meinungsbildung und bei der Formulierung von Förderpolitik für REG eine kleine Rolle. Nur bei der Forschungsförderung und in der Entwicklungszusammenarbeit wird ein direkter Nutzen erkannt.

#### 1.10.4 Hemmnisse für einen stärkeren Bezug zwischen erneuerbaren Energien und dem Politikziel

**Förderpolitik.** Die deutsche Vorreiterrolle bei erneuerbaren Energien wurde vielfach schon in Hinblick auf das EEG oder die Wirkung des EEG untersucht (vgl. z. B. Jänicke 2000a, S.15). Die IEA formuliert sogar (allgemeiner), dass „only a handful of countries can have as dramatic an impact on global energy policy as Germany.“ (IEA 2007, S.7).

Ein Aspekt bei der Analyse weltweiter technologischer Impulse ist daher die Frage, ob eine Vorreiterrolle bei der REG-Politik (EEG) eine Vorreiterrolle bei der Technologieentwicklung nach sich zieht oder mangelnde politische Verankerung sich hemmend auf eine Technologiediffusion auswirkt. Die IEA stellt in einer Studie zur Stromerzeugung

---

<sup>90</sup> Es werden acht Bereiche identifiziert, die in die High-Tech-Strategie eingebunden werden: moderne Kraftwerkstechnologien auf Gas- und Kohlebasis entwickeln, Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologien konkurrenzfähig machen, energieoptimiertes Bauen weiterentwickeln, effiziente Energienutzung stärken, erneuerbare Energien ausbauen, nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung stärken, Fusionsforschung vorantreiben, Chancen des Technologieexports nutzen (BMBF 2008b).

aus erneuerbaren Energien fest, dass technologische Entwicklung und Markterfahrung stark gekoppelt sind und als „virtuous cycle“ (IEA 2003, S.13) funktionieren. Da gleichzeitig auf die wichtige Rolle Deutschlands bei der Markterfahrung hingewiesen wird, die in großem Maße den Entwicklungen in Folge des EEG zu verdanken seien, liegt der Schluss nahe, dass Deutschland auch eine bedeutende Rolle bei der technologischen Entwicklung und somit für globale technologische Impulse spielt. Ein Instrument wie das EEG, das für einen weitreichenden Ausbau erneuerbarer Energien gesorgt hat, führt also durch die angeregte Marktentwicklung – und somit die Markterfahrungen – dazu, dass technologische Impulse an andere Länder weitergegeben werden. Durch einen Bericht der Forschungsstelle für Umweltpolitik der FU Berlin wird diese Aussage gestützt. Hinsichtlich des Zusammenhangs von Innovation und Politik<sup>91</sup> breiten sich laut Jänicke Umwelttechnologien „in aller Regel über politische Mechanismen aus“ (Jänicke 2000a, S.9). Mangelnde politische Verankerung in Hinsicht auf den Binnenmarkt kann sich also langfristig auch für eine globale Entwicklung hemmend auswirken: „Eine komplementäre politische Offensivstrategie ist daher international notwendig, weil Markterweiterung für politisch induzierte umwelttechnologische Innovationen nur dann möglich ist, wenn die marktschaffenden Regulierungsmuster politisch diffundieren.“ (ebd., S.12). Fehlende politische Mechanismen sind damit als Hemmnis zu sehen.

**Entwicklungszusammenarbeit.** Auch entwicklungspolitische Rahmenbedingungen spielen eine Rolle, da die deutsche Vorreiterstellung z. B. bei Innovationen für Zukunftsmärkte den Technologietransfer<sup>92</sup> von Deutschland zu Entwicklungsländern ermöglicht. Dazu müssen eine geeignete Entwicklungsfinanzierung und Entwicklungszusammenarbeit qualitative Politikziele sein.

Wie schon weiter oben festgestellt, können mit der Unterstützung zum eigenen Handeln auch im Sinne globaler technologischer Impulse Nachhaltigkeits-Leitsätze (wie die Anwendung von REG-Technologien), die in Deutschland zunehmend in der Formulierung von Politik Eingang finden, verbreitet werden<sup>93</sup>.

In einem Entwicklungsprojekt der GTZ in Äthiopien zur Förderung der Windkraft<sup>94</sup> wurden andere Erfahrungen gesammelt. Nach mehrjährigen vorbereitenden Maßnahmen der GTZ in Zusammenarbeit mit lokalen Akteuren<sup>95</sup> konnte die äthiopische Regierung einen Windpark über 120 MW international ausschreiben. Trotz intensiver Bemühungen der GTZ, die deutsche Firma Enercon für den Auftrag zu gewinnen, zogen sich zum Ende deutsche Bieter zurück und der Zuschlag ging an ein spanisches Unter-

<sup>91</sup> Bei diesem Bericht im Allgemeinen zur Umwelttechnologie.

<sup>92</sup> Und eventuell sogar ein leap frogging.

<sup>93</sup> Die Kehrseite dieser Entwicklung – nämlich die zunehmende Problematik mit Diebstahl von technologischen Entwicklungen und Patenten von z. B. chinesischer Seite – soll hier nicht weiter thematisiert werden, muss aber in weitergehenden Betrachtungen mit einbezogen werden.

<sup>94</sup> Im Rahmen des TERNA-Programms (Technical Expertise for Renewable Energy Application).

<sup>95</sup> Wie z. B. Windpotenzialmessungen.

nehmen. Dadurch wird deutlich, dass Technologieverbreitung über den Pfad des Technologietransfers ein enges Zusammenspiel verschiedener Akteure fordert, wie z. B. Entwicklungsorganisationen und Unternehmen, und fehlende Verknüpfungen sich hemmend auswirken.

Wie bereits oben erwähnt, und wie es auch schon seit längerem in den Paradigmen der Entwicklungszusammenarbeit zu sehen ist, wird inzwischen nicht mehr reine „Entwicklungshilfe“ gegeben bzw. gefördert, sondern die „Zusammenarbeit“. So sollen Nehmerländer z. B. nicht „fertige“ deutsche Technologien bekommen, sondern zur Eigeninitiative angeregt werden<sup>96</sup>. Dies bedeutet z. B. Ausbildung von Fachkräften vor Ort, Aufbau eines eigenen Industriezweiges etc.. Erfahrungen haben gezeigt, dass reiner Technologieexport in der Regel zum Scheitern verurteilt ist. In einem anderen Projektevaluierungsbericht der KfW wird dies sehr deutlich<sup>97</sup>. Die Vernachlässigung dieses neuen Paradigmas in der Entwicklungszusammenarbeit kann damit hemmend wirken.

**Forschungsförderung.** Hemmnisse globaler technologischer Impulse durch gesetzliche Rahmenbedingungen, und zwar sowohl technologieintern als auch bei sogenannten Folgetechnologien, bestehen insbesondere in vergleichsweise geringer (deutscher) Energieforschungspolitik. Auch bei der Verbreitung von unterstützenden Politikmaßnahmen wie dem EEG ist ausreichend technologisches Know-how nötig, um globale Impulse geben zu können. Im Vergleich zu den konkurrierenden Ländern auf dem Weltmarkt für REG zählt Deutschland nicht zu den führenden Ländern hinsichtlich der Höhe des Forschungsbudgets: Sowohl bei den Pro-Kopf-Ausgaben für Energieforschung als auch bei den absoluten Ausgaben bleibt Deutschland z. B. deutlich hinter den technologisch hoch entwickelten und um Marktanteile konkurrierenden Ländern Japan und den USA zurück (VDE 2007b). Technologiespezifisch erreicht Deutschland bei den erneuerbaren Energien höhere Werte, allerdings nähert sich insbesondere Japan auch dort dem deutschen Vorbild an. Im Jahr 2004 lag der Anteil an Forschungsausgaben für erneuerbare Energien<sup>98</sup> in den USA bei 8,5%, in Japan bei 6,7% und in Deutschland bei 16,1% (FZJ 2006). Bei den absoluten Ausgaben zeigt sich aber, dass der Vergleich schwierig ist: Das Gesamtbudget Japans lag bei 3,9 Mrd. Euro und das der USA bei 2,8 Mrd. Euro, während Deutschland verglichen dazu lediglich 460 Mio. Euro für die Energieforschung ausgab (ebd.). Damit lag der Anteil der beiden anderen Länder jeweils bei etwa 250 Mio. Euro und in Deutschland bei 70 Mio. Euro. Dies kann sich zukünftig als großes Hemmnis für weitere technologische Impulse auswirken, wenn die Innovationskraft hinsichtlich REG in Deutschland aufgrund von zu geringen Forschungsbudgets nachlässt. Trotz einer für den REG-Ausbau erfolgreichen Energie-

---

<sup>96</sup> Transfer von Technologie versus Transfer von Produkten.

<sup>97</sup> Ein Projekt zum Bau von mehreren Kleinwasserkraftwerken in Haiti musste in der Evaluierung als überwiegend gescheitert erklärt werden, da im Prinzip keine ökonomischen, technischen oder sozio-ökonomischen Verbesserungen erzielt werden konnten: „Aufgrund von Wartungsengpässen, finanziellen Engpässen und Zerstörungen befanden sich alle Anlagen zeitweise außer Betrieb“ (KfW 2006a).

<sup>98</sup> Bezogen auf das gesamte Budget für Energieforschung.

politik kann nicht auf eine erfolgreiche Technologie- bzw. Forschungspolitik geschlossen werden (vgl. VDE 2007b). Dabei spielt auch die Kompetenzaufspaltung auf Ministeriumsebene eine Rolle, die zu einer starken Zersplitterung von Forschungsfinanzierung und Schwerpunktsetzung führt. Auch die neu lancierte „High-Tech-Strategie“ des BMBF steht vor der Herausforderung, konkurrierende Technologiebereiche innerhalb einer Forschungsförderungsinitiative zu koordinieren. Im Zukunftsfeld Energietechnologie ist nicht nur der Ausbau erneuerbarer Energien erwähnt, sondern ebenso die Kernkraft, die Fusionsforschung und Kohle- und Gaskraftwerkstechnologien (BMBF 2008b).

Dieser Aspekt leitet über zu dem prinzipiellen Problem der konkurrierenden Strukturelemente. Konkurrenztechnologien erneuerbarer Energien können prinzipiell mit der globalen Ausbreitung von REG-Technologien wechselwirken. Im Folgenden werden daher Vor- bzw. Nachteile einzelner Optionen in dem Zusammenhang globaler Technologiediffusion untersucht.

**Kernkraft.** Wie schon in Kap. 1.5 dargestellt, spielen deutsche Unternehmen beim Bau von Kernkraftwerken keine große Rolle mehr bzw. verlagern ihre Geschäftstätigkeiten ins Ausland. Trotzdem werden immer noch große Teile des Energieforschungsbudgets für diese Technologie ausgegeben. Aus einer Übersicht des BMU wird ersichtlich, dass etwa zwei Drittel in die Forschung zur Beseitigung kerntechnischer Anlagen, die Kernfusionsforschung bzw. die Kernkraftforschung gehen (BMU 2006a)<sup>99</sup>. In Bezug auf die globale Wirkung dieser Forschungsförderung kann festgestellt werden, dass diese Finanzmittel zwar durch den langfristigen Bedarf an Forschung für Abbau und Altlasten der Kernenergie erklärt werden könnten<sup>100</sup>, aber der Nutzen für die weitere Verbreitung von REG-Technologien einen negativen Effekt erfährt. Auf dem Feld der EZ wird von deutscher Seite keinerlei Technologie im Zusammenhang mit Kernkraft unterstützt. Die aktuellen Aussagen von „klassischen Zielländern“ der EZ – wie z. B. die nordafrikanischen Länder oder Indien – dass der (weitere) Bau von Kernkraftwerken in Erwägung gezogen wird oder schon geplant ist, stellt jedoch eine direkte Konkurrenz zu deutscher EZ dar, die ja auch wie oben dargestellt zur Verbreitung von technologischen Impulsen über Technologietransfer beiträgt. Somit stellt die Kernkraft für globale technologische Impulse generell ein konkurrierendes Strukturelement für REG dar.

**CCS.** Als parallele Strategie zum REG-Ausbau nimmt CCS als Zukunftstechnologie auf der Agenda der großen Energieversorger und insbesondere der Schwellen- und Entwicklungsländer mit stark wachsendem Energiebedarf einen hohen Rang ein. Insbesondere China zeigt durch die großen heimischen Kohlevorräte ein großes Interesse an dieser Technologie. Der zusätzliche Energiebedarf ist in potentiellen Zielländern jedoch so hoch, dass eine parallele Entwicklung von CCS und REG angenommen werden kann. In der EZ wäre dann darauf zu achten – sofern CCS nicht in Konkurrenz

---

<sup>99</sup> Ohne Kernfusion sind es immer noch über die Hälfte.

<sup>100</sup> Diese Forschungsergebnisse könnten langfristig auch international vermarktet werden.

zu REG treten soll – dass finanzielle Förderung nur begrenzt für CCS eingesetzt wird<sup>101</sup>. In den Richtlinien bzw. Empfehlungen der OECD zur finanziellen EZ werden (fossile) thermische Kraftwerke in Annex I<sup>102</sup> aufgeführt und erfordern so einen intensiveren Monitoringprozess bei der Projektprüfung und –durchführung<sup>103</sup>. CCS würde in Zusammenhang mit diesen Technologien dieselbe Sorgfalt und einen wesentlich höheren Aufwand in der Projektvergabe erfordern als Projekte für REG. Durch die Emissionsvermeidungsmaßnahme (also CCS) könnte jedoch ein Kraftwerksprojekt der Kategorie A eventuell mit weniger Widerständen bei der Projektprüfung konfrontiert werden. Wenn global gesehen mögliche Benefits der CCS-Technologie so hoch angesetzt werden, dass (insbesondere von Seiten der EVU) vermehrt Finanzmittel im Forschungsbereich für CCS eingesetzt<sup>104</sup> werden, hat CCS insgesamt, soweit die Entwicklung beim aktuellen Stand der Dinge beurteilt werden kann, eine neutrale bis hemmende Wirkung auf den weiteren Ausbau der REG-Nutzung.

**Energieeffizienz.** Die konkurrierende Option Energieeffizienz kann durch Bündelung von Kompetenzen auch im Bereich von Forschung und EZ einen positiven Einfluss auf die Verbreitung von REG-Technologien ausüben. In Statistiken z. B. zu den Forschungsausgaben werden REN und REG getrennt aufgeführt, was auf eine mögliche Konkurrenz bei der Mittelvergabe hinweisen kann. Insgesamt können REN-Technologien tendenziell trotzdem als förderndes Strukturelement gesehen werden.

**Fazit.** Die Verbreitung globaler technologischer Impulse wird bei der Förderung von REG in der Regel als Nebeneffekt wahrgenommen. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass Technologiediffusion bisher nicht ausreichend Aufmerksamkeit zugemessen wurde. Auch ist Technologiediffusion nicht eindeutig definierbar, da die verschiedenen Ausprägungen, wie sie zu Beginn erläutert wurden (Technologietransfer, Technologieverbreitungspfade), zu unterschiedlichen Ansätzen bei der Förderung führen (müssen).

### 1.10.5 Zusammenfassung, Identifizierung offener Punkte

Handlungsbedarf besteht hinsichtlich einer noch stärker systemintegrativen Sichtweise von Forschung und Entwicklung bei REG und Folgetechnologien.

Auch der Aspekt der Entwicklungszusammenarbeit und das mögliche positive Feedback für deutsche Unternehmen kann noch enger verzahnt werden. Die indirekte Exportförderung im Sinne des Transfers des Wissens von Produkten<sup>105</sup>, wie sie z. B. über

---

<sup>101</sup> Siehe Kap. 1.5: Da CCS durch die Umweltrichtlinien nicht von Exportförderung auf deutscher Seite ausgeschlossen wird, sollte hier ein besonderes Augenmerk für die Zukunft liegen, damit sich CCS-Technologien nicht als konkurrierendes Strukturelement entwickeln.

<sup>102</sup> Kategorie A Projekte mit möglichen Umwelteinwirkungen.

<sup>103</sup> Diese Richtlinien sind nicht bindend und die Einstufung in Kategorie A zieht nicht notwendigerweise eine Projektablehnung nach sich.

<sup>104</sup> Und somit im Normalfall von anderen Projekten wie REG abgezogen.

<sup>105</sup> Nach Hütz-Adams/Haakonsson 2008, S. 10.

die Exportinitiative der Dena erfolgt, könnte in engerer Abstimmung mit dem BMZ oder der GTZ auch zu einem Transfer von Technologien führen. Wie oben ausgeführt, stellt diese Kombination eine win-win-Situation dar und erweitert den eingeschränkten Blick der ausschließlich nationalen Wirtschaftsförderung. Darüber hinaus kann die Markterschließung im Zusammenhang mit EZ deutschen Unternehmen Wege neuer Technologieentwicklung aufzeigen, indem auf den „demand pull“ besser eingegangen werden kann, Unternehmen können also Produkte durch engere Zusammenarbeit möglicherweise näher an den Bedürfnissen der EZ-Empfänger ausrichten.

### **1.11 Zusammenfassung der Politikziele und Ausblick auf weitere Forschungsschritte**

Zahlreiche Ziele von Politik, die sich unter dem Gesamtbegriff *Steigerung der Wohlfahrt des Staates* zusammenfassen lassen, haben einen direkten Bezug zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Bezüge finden sich bisher jedoch – trotz teilweise intensiver Thematisierung durch Medien, Wissenschaft und andere Akteure – oft nicht in den entsprechenden Politikansätzen umgesetzt. Auf diesen Aspekt wurde in den jeweiligen abschließenden Unterkapiteln bei der Analyse der Politikziele eingegangen.

Die eingangs angesprochene multikriterielle Analyse (engl. integrative technology assessment) bildete für das abgeschlossene Projekt das zentrale Instrument zur Strukturierung des Forschungsgegenstands *Treibende Kräfte und potentielle Hemmnisse* der Nutzung erneuerbarer Energien. Die Analyse der Politikziele fügt sich in diese Struktur ein. Während in zahlreichen Forschungsprojekten detaillierte Fragen untersucht wurden und werden, wurde im vorliegenden Projekt damit der Blick auf die Gesamtheit des Forschungsgegenstands gerichtet, um eine Gesamtsichtweise zu erhalten.

Auf dieser Basis wurde weiterer Forschungsbedarf offengelegt und aufgezeigt, dass konkrete weiterführende Analyseinstrumente entwickelt werden müssen. Ziel dieser Forschungsarbeiten kann dann ein weiterführendes transparentes und möglicherweise **quantitatives Analysesystem** sein, um eine über die im vorliegenden Projekt hinausgehende **vergleichende Gesamtbewertung** zu erreichen. Dies gilt nicht nur für die Analyse der Politikziele, sondern auch für die Analyse der Faktoren, die Gegenstand der folgenden Berichtsteile sind.

## 2 Wirtschaftliche, gesellschaftliche und ressourcenseitige Faktoren als treibende Kräfte und Hemmnisse erneuerbarer Energien

Gegenstand von Kap. 2 ist die Analyse von Faktoren, die den Ausbau erneuerbarer Energien entweder hemmen oder beschleunigen. Hierbei wird die Grundfrage verfolgt: „Was beeinflusst den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien potentiell, unabhängig von aktuellen Politikzielen?“. Die hier analysierten Faktoren sind im Gegensatz zu den in Kap. 1 untersuchten Politikzielen nur eingeschränkt oder gar nicht politisch steuerbar.<sup>106</sup>

Vorgehen:

- 1) Eruierung wichtiger Faktoren mittels einer **zweistufigen Expertenbefragung**
- 2) Analyse der Faktoren I: Erstens Kurzcharakterisierung, zweitens Charakterisierung bezüglich der Wirkung auf REG entlang einer neu zu schaffenden Umsetzungsmatrix. Die für diese Matrix relevante Frage lautet: Wie wirken sich die Faktoren auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus? In der Matrix enthaltene Kriterien sind die Auswirkungen auf:
  - a. Umsetzungsgeschwindigkeit
  - b. Potentiale erneuerbarer Energien: Einfluss auf die verfügbaren Ressourcen
  - c. Entwicklung des REG-Erzeugungsmix: mögliche Veränderung der eingesetzten erneuerbaren Energien
- 3) Analyse der Faktoren II: Diskussion der Wirkung der Faktoren auf die Politikziele

Dadurch entsteht eine neue Betrachtungsebene, über die die dynamischen Rahmenbedingungen für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien analysiert werden können. Dabei wird bestimmt, ob die Faktoren eher förderlich oder hemmend auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wirken. Es wird versucht, ebenso auch indirekte Effekte zu erfassen, also wenn z. B. Faktoren in bestimmter Weise auf die für die REG wesentlichen *Politikziele* zurückwirken und über die mögliche Erreichung oder Nicht-Erreichung dieser Politikziele fördernde oder hemmende Wirkungen auf den Ausbau REG ausgeübt werden.

---

<sup>106</sup> Einen Spezialfall bilden veränderte Politikziele wie der Weiterbetrieb der deutschen Kernkraftwerke – ein Faktor, dem in Kap. 6 vertieft Aufmerksamkeit gewidmet wird.

## 2.1 Ökonomische Faktoren als dominierende Kräfte bei der Nutzung erneuerbarer Energien

### 2.1.1 Festlegung der wichtigsten Faktoren: Expertenbefragung

**Ziel und Struktur der Expertenbefragung.** Der vertiefenden Betrachtung der Faktoren ist die Befragung von Expertinnen und Experten aus dem Energiebereich vorge-schaltet, um die Relevanz einer Zusammenstellung von Faktoren zu untersuchen. Diese Befragung basiert auf einem zweistufigen Verfahren. In einem ersten Schritt wurden die ExpertInnen und Experten mithilfe eines Fragebogens zur Wichtigkeit und Wirkungsrichtung der einzelnen Faktoren befragt. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der aufgelisteten Faktoren in alphabetischer Reihenfolge (Tab. 2-1).

Tab. 2-1. Alphabetische Übersicht Impulse und Entwicklungen

Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen
Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz fossiler Energieträger
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien
Klimatische Extremereignisse
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingun-

gen und Lebensrisiken, ...)
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer
Kurzfr. Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik

Im zweiten Schritt wurden mehrere Experten vertieft zu verschiedenen Aspekten befragt.

**Aufbau des Fragebogens**<sup>107</sup>. Die erste zu beantwortende Frage richtete sich an die grundsätzliche Relevanz, die die gelisteten Faktoren möglicherweise für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland haben. Die Befragten wurden gebeten, jeden Faktor entsprechend zu bewerten.

Die zweite Frage befasste sich mit der zeitlichen Dimension und der Wirkungsrichtung der Faktoren. Die Expertinnen und Experten wurden gebeten einzuschätzen, ob mit einem kurz-, mittel- oder langfristigen Eintreten des jeweiligen Faktoren zu rechnen ist, und wie lange die Wirkung (kurz-, mittel- oder langfristige) der Faktoren nach deren Eintreten anhalten wird. In diesem Zusammenhang sollten die Befragten in diesem Zusammenhang auch beantworten, ob sie davon ausgehen, dass sich der Faktor nach seinem Eintreten beschleunigend, verlangsamt oder möglicherweise auch gar nicht auf den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland auswirken wird.

Mit der dritten Frage wurden die Auswirkungen der Faktoren auf die technisch-ökonomischen Potenziale erneuerbarer Energieträger in Deutschland angesprochen. Konkret wurde gefragt, wie stark die Beeinflussung nach Einschätzung der Expertinnen und Experten ausfällt und ob diese Beeinflussung positiv oder negativ auf den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland wirkt.

Der vierte Abschnitt des Fragebogens zielte auf die möglichen Veränderungen politischer Rahmenbedingungen durch die Faktoren ab: Inwiefern wirken sich die Faktoren auf die politischen Rahmenbedingungen des Ausbaus erneuerbarer Energien aus und inwieweit zwingen sie die Politik zur Anpassung der Rahmenbedingungen? Wiederum wurde die Frage angeschlossen, ob sich diese veränderten politischen Rahmenbedingungen dann positiv oder negativ auf den Ausbau erneuerbarer Energie in Deutschland auswirken.

---

<sup>107</sup> Fragebogen im Anhang

Der abschließende fünfte Teil des Fragebogens stellte die Frage, ob die einzelnen Faktoren möglicherweise einen Einfluss auf die Breite des erneuerbaren Energiemixes haben können und ob die Impulse den Energiemix verbreitern oder einschränken.

Die schriftliche Befragung wurde im Zeitraum von November bis Dezember 2008 durchgeführt, die Telefoninterviews im April 2009.

### 2.1.2 Zusammenfassung und Fazit der Ergebnisse der ersten Befragungsrunde

Einen groben Eindruck von der Bedeutung der einzelnen Faktoren gibt die Auswertung der ersten Frage, in der die Expertinnen und Experten gebeten wurden, die grundsätzliche Wichtigkeit der Impulse hinsichtlich des Ausbaus erneuerbarer Energien in Deutschland zu beurteilen. Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis des Rankings der Faktoren nach dem Mittelwert der gegebenen Antworten, wobei 1 = sehr wichtig und 4 = unwichtig bedeutet.

Tab. 2-2. Rangliste der Faktoren, die die Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energien beeinflussen (richtungsungebunden)

1	Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger	1,39
2	Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger	1,48
2	Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien	1,48
4	Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1,65
4	Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)	1,65
6	Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger	1,73
7	Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise	1,74
7	Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien	1,74
9	Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländern	1,74
10	Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen	1,82
11	Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik	1,83
12	Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)	1,91
13	Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise	1,96
14	Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien	1,96
15	Klimatische Extremereignisse	2,00
16	Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich	2,00
17	Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke	2,13
18	Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst	2,18

19	Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien	2,30
20	Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz für fossiler Energieträger	2,36
21	Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger	2,36
22	Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen	2,39
23	Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien	2,48
24	Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG	2,59
25	Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien	2,70
26	Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen	2,70
27	Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)	2,70
28	Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen	2,74
29	Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)	2,78
30	Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)	3,23

Aus den Antworten zeichnet sich die klare Tendenz ab, dass Impulsen und Entwicklungen, die in einen **ökonomischen Kontext** einzuordnen sind, eine besondere Bedeutung zukommt. Die Hälfte der Top-10-Faktoren dieses Rankings kann in diesen Zusammenhang eingeordnet werden:

- Langfristige Preisentwicklungen im Bereich fossiler Energieträger (Platz 1)
- Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Platz 4)
- Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger (Platz 6)
- Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise (Platz 7)
- Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien (Platz 8)
- Eingeschränkt zählt hierzu auch der Faktor Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien (Platz 2)

Hierbei wird **langfristigen Entwicklungen** eine deutlich höhere Bedeutung beigemessen als kurzfristigen Preisschwankungen. Weitere Auswertungen zeigen zudem, dass in den anschließenden Teilen des Fragebogens, in denen die ExpertInnen zu

- Eintrittswahrscheinlichkeit, Wirkungsdauer, Ausbaugeschwindigkeit
- Auswirkungen auf die technisch-ökonomischen Umsetzungsmöglichkeiten

- Auswirkungen auf politische Rahmenbedingungen
- Auswirkungen auf den Ausbaumix

befragt wurden, insbesondere den aufgelisteten Faktoren mit finanziellem Kontext eine stark förderliche Wirkung auf den Ausbau erneuerbarer Energien zugesprochen wird. Das heißt, mit ihnen wird eine lang andauernde positive Wirkung, eine Beschleunigung der Ausbaugeschwindigkeit, eine Erhöhung des technisch-ökonomischen Potenzials, eine Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen und eine Verbreiterung des Ausbaumixes assoziiert.

Das Ranking der Faktoren im ersten Teil des Fragebogens zeigt im Ergebnis neben der hohen Bedeutung finanzieller Gesichtspunkte, dass anderen Faktoren mit langfristigem Wirkungshorizont ein deutlich geringeres Gewicht beigemessen wird:

- Veränderung der Energienachfrage (Platz 12)
- Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst (Platz 18)
- Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Platz 27)
- Sozialer Wandel (Platz 29)
- Demographische Entwicklung (Platz 30)

Die vertiefende Analyse zeigt zudem, dass auch in den nachfolgenden Teilen des Fragebogens, in denen die Wirkungsrichtung der Faktoren abgefragt wurde, den aufgelisteten langfristigen Dynamiken keine herausragende Wirkung zugesprochen wird, weder im positiven noch im negativen Sinne. Dies wirft die Frage auf, ob die genannten Aspekte tatsächlich von derart geringer Bedeutung sind oder ob es sich hierbei um ein Problem der Sichtbarkeit der Aspekte handelt.

Überraschend ist darüber hinaus, dass die befragten Experten und Expertinnen es für wahrscheinlich halten, dass die Unterstützung für eine globale Klimapolitik wegbrechen könnte.

#### **Fazit und Folgerung der ersten Befragungsrunde**

Im Ergebnis wurden demnach **drei Themenbereiche** identifiziert, die in einer zweiten Runde mit den Expertinnen und Experten vertiefend analysiert wurden.

1. Die hohe Relevanz ökonomischer Faktoren für den Ausbau regenerativer Energien vor dem Hintergrund der aktuellen Finanz- und Wirtschaftskrise.
2. Die hohe Relevanz des Impulses „Wegbrechen der Unterstützung der internationalen Klimapolitik“ mit dem möglicherweise daraus resultierenden Rückgang des Ausbaus erneuerbarer Energien.
3. Die geringe Relevanz der langfristigen Dynamiken (Demographie, Siedlungsstrukturen) für den Ausbau erneuerbarer Energien.

### 2.1.3 Ergebnisse der zweiten Befragungsrunde

In einer zweiten Befragungsrunde wurden die Auffälligkeiten der Ergebnisse aus der Fragebogenauswertung mit den Expertinnen und Experten vertiefend diskutiert.

Der übliche Verfahrensablauf einer Delphi-Befragung sieht vor, dass die Ergebnisse einer ersten Befragungsrunde den Teilnehmern vorgelegt werden, um diese dann, mit dem erworbenen Wissen um diese Ergebnisse, die Befragung ein weiteres Mal durchführen zu lassen. Dabei wird erwartet, dass die befragten Experten und Expertinnen sich bei der zweiten Befragung an den Ergebnissen der ersten Runde orientieren. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, bezüglich der Befragungsergebnisse einen größtmöglichen Konsens zu erzielen.

Von dieser Vorgehensweise wurde bei der hier vorgenommenen Untersuchung aus zwei Gründen abgewichen. Erstens ließ die geringe Teilnehmerzahl an der ersten Runde vermuten, dass für die zweite Runde nicht mehr genug Experten für eine quantitative Analyse gewonnen werden können. Hinzu kam zweitens, dass von den Expertinnen und Experten nicht erwartet werden konnte, den sehr umfangreichen Fragebogen ein weiteres Mal vollständig auszufüllen.

Aus diesen Gründen wurden den Befragten die Ergebnisse der ersten Runde in kurzer Form präsentiert, um sie dann zu ausgewählten Aspekten telefonisch zu befragen. Die Ergebnisse dieser Telefoninterviews sind im Folgenden wiedergegeben.

### 2.1.4 Kurzfristiges Wegbrechen der internationalen Klimapolitik

Der erste thematische Block der Interviews befasste sich mit der Frage, ob ein Wegbrechen der internationalen Klimapolitik wahrscheinlich ist. Dieser Aspekt rückte in den Fokus, weil die Ergebnisse der ersten Befragungsrunde zeigten, dass die Expertinnen und Experten ein Eintreten dieser Entwicklung für wahrscheinlich hielten. Diese Einschätzung wurde anhand der folgenden Fragen diskutiert.

**Leitfrage:** Halten Sie das **Wegbrechen der internationalen Klimapolitik** im Hinblick auf die kommenden COP-Verhandlungen in Kopenhagen im Dezember 2009 für **kurzfristig wahrscheinlich**?

Die Mehrheit der nun befragten Expertinnen und Experten hält es für unwahrscheinlich, dass die internationale Klimapolitik kurzfristig wegbrechen wird. Als Grund wird zum Beispiel die veränderte Situation aufgrund der neuen Präsidentschaft in den USA angeführt. Vieles wird aus Sicht der Befragten von den nächsten Verhandlungen in Kopenhagen abhängen. Wenn es dort zu keiner Einigung käme, würde es auch innerhalb der EU schwieriger, die Diskussion um Klimapolitik zu führen. Von den Experten wird zudem angemerkt, dass sich möglicherweise die Einstellung zu bestimmten Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen ändert. So könnte die Kernenergie wieder verstärkt als Klimaschutzoption wahrgenommen werden. Ein weiteres Argument für ein Festhalten an der internationalen Klimapolitik wird darin gesehen, dass viele Länder ein finan-

zielles Interesse an der vertraglich geregelten Klimapolitik haben, da hierdurch die Finanzierung von Projekten gewährleistet sei.

Als Gründe für ein mögliches Wegbrechen internationaler Klimapolitik werden zum einen die hohen Kosten angeführt, die mit dem Klimaschutz verbunden seien, zum anderen wird angeführt, dass die derzeitige weltweite Rezession die politischen Prioritäten verschiebe. Die Abwendung und Lösung ökonomischer Probleme habe dabei Vorrang. Nur ein geringer Teil der Befragten hält diese Entwicklung für wahrscheinlich.

**Leitfrage: Sind andere Gesichtspunkte**, wie die Rohstoffverfügbarkeit oder die Entwicklung der Energieträgerpreise, für die Entwicklung erneuerbarer Energien **dominant**? Wird Klimapolitik als treibende Kraft für erneuerbare Energie möglicherweise unwichtig?

Hinsichtlich der Bedeutung der Klimapolitik für den Ausbau erneuerbarer Energien teilt nur eine Minderheit der befragten Expertinnen und Experten die Auffassung, dass die Klimapolitik auch weiterhin von entscheidender Bedeutung für die erneuerbaren Energien ist. Begründet wird diese Haltung vor allem mit der geringen Wettbewerbsfähigkeit der erneuerbaren Energieträger (speziell Biomasse und PV); ohne politische Unterstützung sind sie aus Sicht der Experten nicht marktfähig.

Der überwiegende Teil der Befragten ist jedoch der Auffassung, dass **andere Dynamiken von größerer Bedeutung** seien als die Klimapolitik. So wird vorgebracht, dass auch Länder, die nicht über das Kyoto-Protokoll zur Treibhausgasreduzierung verpflichtet sind, ein großes Interesse an erneuerbaren Energien zeigten. Beweggründe seien in diesen Ländern vor allem die Reduzierung der Importabhängigkeit, die Gewährleistung der Versorgungssicherheit oder Erwägungen zur regionalen Wertschöpfung. Am häufigsten wird von den Befragten jedoch angeführt, dass **ökonomische Abwägungen** einen **größeren Einfluss** auf die Ausbausituation erneuerbarer Energie haben. So erhöhen erstens niedrige Energiepreise den Druck auf eine erfolgreiche Klimapolitik, unterliegt zweitens die Wettbewerbsfähigkeit der Erneuerbaren in starkem Maße schwankenden Energieträgerpreisen und führt drittens die Ressourcenverknappung fossiler Energieträger langfristig zu einem erhöhten Druck, erneuerbare Energien in das System zu integrieren.

Neben den ökonomischen Gesichtspunkten wird auch noch darauf verwiesen, dass die Netzstabilität sowie die öffentliche Akzeptanz wesentlich und wichtiger als die Klimapolitik beim Ausbau erneuerbarer Energie sein könnten. Einige Expertinnen und Experten weisen auch darauf hin, dass andere Dynamiken die Bedeutung der Klimapolitik zwar dominieren, letztere als unterstützendes Element jedoch essenziell seien.

**Leitfrage:** Wie bewerten Sie generell das **Wechselspiel der Aspekte Klimapolitik, Rohstoffpreise und Energie- sowie Klimasicherheit**? Glauben Sie, dass bei einer deutlichen Steigerung der Energiepreise Klimapolitik eher wichtiger oder unwichtiger wird?

Die Mehrzahl der befragten Expertinnen und Experten ist der Meinung, dass die **Klimapolitik bei niedrigen Energiepreisen wichtiger** wird. Allerdings wird hierbei die Einschränkung gemacht, dass in erster Linie von Bedeutung sei, wann die Preise für erneuerbare Energie mit denen der fossilen Energieträger reell konkurrieren können. Es wird darauf verwiesen, dass die Verbindung nicht nur zwischen Klimapolitik und Preisen für erneuerbare Energie zu sehen sei, sondern dass vielmehr das *Preisverhältnis* zwischen erneuerbarer und fossiler Energie wichtig erscheine. Mit Blick auf die Wahrnehmung von Energiepreisen wird auch darauf hingewiesen, dass letztendlich nur Preisschocks, wie sie die Ölpreiskrisen der 1970er Jahre ausgelöst haben, zu einer wirklichen Änderung des Preisbewusstseins geführt hätten.

Eine geringe Zahl der Befragten hält die Verbindung zwischen Klimapolitik und Energiepreisen insgesamt für eher unwichtig. Sie gehen davon aus, dass kurzfristige Preisschwankungen keine so große Wichtigkeit für den Ausbau erneuerbarer Energie haben, als dass die Klimapolitik darauf reagieren müsse. Langfristig werden die Preise für erneuerbare Energie sinken, die Klimapolitik gibt hierbei jedoch laut Expertenmeinung nur die grobe Richtung vor.

**Zwischenfazit.** Die Einschätzung, dass die Unterstützung für eine internationale Klimapolitik kurzfristig wahrscheinlich ist, wurde durch die Experteninterviews relativiert. Auch wenn momentan andere Aspekte, wie die Finanz und Wirtschaftskrise, stark in den Vordergrund rücken, und insgesamt Entwicklungen wie die Ressourcenverfügbarkeit oder die langfristigen Energieträgerpreise wichtiger als die Klimapolitik erscheinen, so wird ihr auch in Zukunft laut Experten eine wichtige Rolle zukommen.

### 2.1.5 Ökonomische Faktoren – Bedeutung der Finanzkrise

Eine zweite Erkenntnis der ersten Befragungsrunde war, dass insbesondere Dynamiken und Impulse mit einem ökonomischen Kontext für den Ausbau erneuerbarer Energien eine wichtige Rolle spielen. Insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Finanz- und Wirtschaftskrise wurde dieser Gesichtspunkt mit den Experten diskutiert. In der ersten Befragungsrunde war die Bedeutung der Finanzkrise noch nicht als zu bewertender Aspekt eingeflossen, da sie zu diesem Zeitpunkt noch nicht im Blickpunkt stand.

**Leitfrage:** Wird sich die **Finanzkrise** in starkem Maß auf den Ausbau erneuerbarer Energien auswirken?

Zu dieser Frage fallen die **Einschätzungen** der Expertinnen und Experten **sehr unterschiedlich** aus. Rund die Hälfte der Befragten nimmt an, dass es eine negative Auswirkung gibt, die sich vor allem darin äußert, dass größere Projekte und Investitionen zurück gestellt werden. Begründet wird diese Vermutung damit, dass der Finanzsektor in der nächsten Zeit sehr restriktiv mit der Kreditvergabe umgehen werde. Eine andere Begründung ist, dass die Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energieträger in der Finanzkrise sinke. Auffällig ist in diesem Zusammenhang die Einschätzung der Experten, dass es sich bei diesen Auswirkungen um eher kurzfristige Effekte handelt.

Die anderen Experten sind der Meinung, dass sich die Finanzkrise nicht spürbar auf die Ausbausituation erneuerbarer Energien auswirken wird. Ihre Einschätzung steht aber ebenfalls in Verbindung zur Dauer der Finanzkrise. Sie gehen davon aus, dass es sich nur um einen sehr kurzfristigen Effekt handelt, der lediglich zu einer Delle im Ausbau führen wird.

Wiederum verweisen die Expertinnen und Experten darauf, dass der Markt als Ganzes, also auch die Investitionen im Bereich fossiler Energieträger, betroffen seien.

Zwei der befragten Experten führen an, dass sich entsprechende Konjunkturprogramme, die während der Finanzkrise aufgelegt werden, langfristig sogar positiv auf den Ausbau erneuerbarer Energien auswirken könnten. Dieses sei jedoch derzeit noch nicht absehbar.

**Leitfrage:** Wie schätzen Sie die **Wirkungsdauer der Finanzkrise** ein, halten Sie sie für ein kurzfristiges Ereignis oder glauben Sie, dass der Ausbau erneuerbarer Energien längerfristig beeinflusst wird?

Ergänzend zu den Ausführungen der vorherigen Frage wird durch die Befragten noch einmal bekräftigt, dass am ehesten von einer mittelfristigen Wirkungsdauer der Finanzkrise auszugehen sei; die sich jedoch, so die große Mehrheit der Befragten, nicht nachhaltig auf den Ausbau erneuerbarer Energien auswirken werde.

**Leitfrage:** Wird es durch die Finanzkrise zu **Verschiebungen in der Akteurskonstellation** kommen? Sind also kleinere Unternehmen der erneuerbaren Energiebranche in stärkerem Maße betroffen als große finanziell unabhängige Unternehmen?

Während die vorhergehende Frage darauf abzielte, die quantitativen Auswirkungen der Finanzkrise auf den Ausbau regenerativer Energie abzuschätzen, wird nun abgefragt, inwiefern mit Veränderungen der Akteurskonstellationen auf dem Markt erneuerbarer Energien vor dem Hintergrund der Finanzkrise zu rechnen ist. Auch hier zeigt sich die Gruppe der befragten Expertinnen und Experten zweigeteilt. Ein Teil nimmt an, dass kleinere Unternehmen deutlich stärker von den Auswirkungen der Finanzkrise betroffen seien und es demzufolge zu einer Verschiebung der Akteurskonstellation hin zu größeren Unternehmen kommen werde. Vor allem die verschärften Bedingungen und Anforderungen bei der Beantragung von Krediten werden als Problem der kleineren Unternehmen gesehen.

Hinzu komme, dass kleinere Unternehmen zukünftig von sich aus das Risiko größerer Investitionen scheuen könnten, da für sie sichere und stabile Rahmenbedingungen unerlässlich seien. Weiterhin wird angenommen, dass sich die Strukturen mit zunehmender Bedeutung größerer Akteure, wie sie nun entstehen, verfestigen könnten, weil sich die großen Unternehmen ihre Anteile in der Zukunft nicht mehr streitig machen lassen. Die Situation könnte sich also für die kleineren Unternehmen dauerhaft verschlechtern.

Eine ähnlich große Gruppe ist jedoch der Meinung, dass sich die **Situation für kleine und große Unternehmen gleichermaßen verändern** wird. Begründet wird diese Hal-

tung zum einen damit, dass zwar die Menge des Eigenkapitals bei größeren Unternehmen höher sei, nicht jedoch der Anteil. Zum anderen seien die großen Unternehmen häufig verschuldet. Die These, dass größere Unternehmen aufgrund ihres Eigenkapitals unabhängig von den Kreditbedingungen auf dem Finanzmarkt sind, ließe sich daher nicht aufrecht erhalten. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Finanzpläne (unter anderem für Investitionen) für die nächsten Jahre aufgestellt seien, so dass sich die Finanzkrise nicht auswirken wird. Eine gleichmäßige Betroffenheit wird weiterhin auch damit begründet, dass durch die Finanz- und Wirtschaftskrise vor allem der "Mittelteil der Wertschöpfungskette" betroffen sei - also die Anlagenbauer und Zulieferer. Durch die Gefährdung dieses Segmentes sei letztendlich der gesamte Ausbau sowohl durch kleinere als auch größere Unternehmen betroffen.

Für die Haltung, dass kleinere Unternehmen nicht explizit stärker betroffen sein werden, spricht aus Sicht der Expertinnen und Experten auch, dass diesen einige Charakteristika zu eigen sind, die zu Vorteilen in der aktuellen Situation werden können. So wird ihnen eine hohe Innovationskraft zugesagt und bei den Kreditgebern gelten sie als zuverlässig, da sie nicht dem Shareholder Value verpflichtet sind. Hinzu kommt, dass bei größeren Projekten häufig die Zusammenarbeit großer und kleiner Unternehmen wichtig ist. Mittelständische Projektentwickler sind vor Ort besser aufgestellt und können die Kleinarbeit besser bewerkstelligen.

Von den Befragten wird darüber hinaus noch angesprochen, dass grundsätzlich eine Veränderung der Akteurskonstellation abzusehen sei, auch unabhängig von der Finanzkrise. So wird angemerkt, dass mit dem technischen Fortschritt und damit verbundenen Aufkommen großer zentraler Anlagenprojekte im Bereich erneuerbarer Energien ohnehin verstärkte Aktivitäten großer Unternehmen zu erwarten seien.

**Zwischenfazit.** Die vertiefenden Interviews zur Bedeutung der Finanzkrise und ihre Auswirkungen auf den Ausbau der erneuerbaren Energien trugen nicht zu einer Konsensfindung bei; die Expertenmeinungen teilen sich hier in zwei Lager. Dieses gilt auch für die Frage, ob kleinere Unternehmen der Erneuerbaren-Branche durch die Krise stärker betroffen sind als größere. Auch hier ist die Einschätzung durch die Befragten sehr unterschiedlich. Weitgehende Einigkeit herrschte hingegen hinsichtlich der Frage der Wirkungsdauer der Finanzkrise. Hier geht der Großteil der Befragten von einer kurz- bis mittelfristigen Dauer (und Wirkung auf den Ausbau erneuerbarer Energien) aus.

### **2.1.6 Bedeutung langfristiger Entwicklungen**

Im dritten thematischen Block der Interviews stand die Bedeutung langfristiger Dynamiken im Mittelpunkt des Interesses. Der Aspekt wurde diskutiert, weil die Ergebnisse der ersten Befragungsrunde zeigten, dass Entwicklungen wie dem demographischen oder sozialen Wandel und der siedlungsstrukturellen Veränderungen nur eine sehr geringe Bedeutung für den Ausbau erneuerbarer Energien beigemessen wird.

**Leitfrage:** Glauben Sie, dass die **Sichtbarkeit von demographischem und sozialem Wandel oder der siedlungsstrukturellen Entwicklung** durch andere Aspekte überlagert wird und kommt es dadurch zu einer **Unterschätzung der langfristigen Dynamiken**?

Die Fragen zur Wirkung langfristiger demographischer, sozialer oder siedlungsstruktureller Entwicklungen wurden nicht von allen Expertinnen und Experten beantwortet. Diejenigen, die eine Einschätzung abgaben, waren sich zum großen Teil einig, dass sich die genannten Dynamiken auf den Ausbau erneuerbarer Energie auswirken werden. Zur Wirkungsrichtung gab es unterschiedliche Einschätzungen. Die sehr enge inhaltliche Verknüpfung und die Wechselwirkungen der drei genannten Aspekte führten auch in der Auswertung zu einigen Überschneidungen, die sich nicht vermeiden ließen.

Hinsichtlich der Auswirkung des demographischen Wandels wurden folgende Angaben gemacht:

Als eine positive Wirkung des demographischen Wandels ließe sich anführen, dass der Bevölkerungsrückgang möglicherweise die Gelegenheit gibt, energetisch ineffiziente Bausubstanz abzureißen. Eine sinkende Bevölkerungsdichte ermögliche zudem den verstärkten Einsatz kleinerer dezentraler Anlagen. Ebenso wird angeführt, dass es zukünftig möglicherweise eine reichere ältere Oberschicht geben könnte, die alternativen Energieoptionen offener gegenüberstehe.

Es werden jedoch auch negative Konsequenzen des demographischen Wandels befürchtet. So könnte die sinkende Bevölkerungsdichte im Wärmebereich dazu führen, dass sich Investitionen in die Infrastruktur nicht mehr amortisieren. Auch die Idee energieautarker Regionen könne durch eine sinkende Bevölkerungsdichte gefährdet werden; insbesondere dann, wenn der Bevölkerungsrückgang eine Re-Urbanisierung auslöst, wodurch Angebot und Nachfrage erneuerbarer Energien tendenziell auseinanderfallen.

Das Altern der Bevölkerung wird von einigen Expertinnen und Experten ebenfalls als negativ für den Ausbau bewertet. Sie halten ältere Menschen für weniger innovationsfreudig und zu kurzfristig planend. Gesellschaftsschichten, die den Ausbau erneuerbarer Energien tragen, könnten an Bedeutung verlieren. Ein weiterer Aspekt, der sowohl mit demographischer als auch sozialer Entwicklung zu tun hat, ist die Zunahme von Einpersonenhaushalten. Diese verhielten sich nach Ansicht der Befragten tendenziell weniger energiesparend und umweltbewusst, mit ihrer Zunahme könnten negative Effekte für den Ausbau erneuerbarer Energien verbunden sein.

Viele der befragten Expertinnen und Experten verweisen darauf, dass die Folgen des demographischen Wandels für die Energiewirtschaft im Allgemeinen und die Situation der Erneuerbaren derzeit noch nicht hinreichend absehbar seien.

In Bezug auf die Auswirkungen **siedlungsstruktureller Veränderungen** wurden folgende Angaben gemacht:

Das bereits erwähnte räumliche Auseinanderfallen von Angebot und Nachfrage erneuerbarer Energien bei fortschreitender Re-Urbanisierung wird nicht als grundsätzlich negativ für den Ausbau gesehen. So wird auch argumentiert, dass sich durch die Verdichtung in Ballungsräumen neue Chancen, beispielsweise für regenerative Nahversorgungssysteme, ergeben können.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass weiterhin Prozesse der Suburbanisierung und der Re-Urbanisierung parallel ablaufen. Dementsprechend ist auch die Einschätzung der zukünftigen Energieversorgung mit erneuerbaren Energien divers. Autarke Inseln regenerativer Versorgung existieren neben Einzelversorgung auf Basis erneuerbarer Energieträger, neben städtischen Gebieten mit netzgebundener regenerativer Wärmeversorgung und neben Städten mit drastisch sinkenden Bevölkerungszahlen und daraus resultierenden Problemen bei der Finanzierung und Aufrechterhaltung der Versorgungsinfrastruktur.

Die folgenden Ausführungen geben die Meinung der Befragten hinsichtlich der Auswirkungen der **sozialen Entwicklung** auf den Ausbau erneuerbarer Energien wieder:

Zum Teil gibt es bei den Befragten eine grundsätzliche Verneinung eines möglichen Zusammenhangs, da davon ausgegangen wird, dass der Ausbau erneuerbarer Energie im Wesentlichen nicht vom Wunsch bzw. dem Bedürfnis innerhalb der Bevölkerung abhängt. Andere Gesichtspunkte, wie oben dargelegt, seien wichtiger. Von daher wirke sich auch eine Veränderung der Sozialstruktur, so diese Meinung, nicht aus.

Andere Expertinnen und Experten sehen hingegen einen Zusammenhang. Für sie besteht dieser besonders dann, wenn sich der finanzielle Handlungsspielraum der Verbraucher weiter einschränkt. Die Flexibilität auch für unaufwendige Handlungen, wie den Wechsel des Stromanbieters, schwände. Aufwendigere Maßnahmen, wie die Installation einer Solaranlage, würden ebenfalls zurückgestellt. Die Experten verweisen darauf, dass diese Fragen eng gekoppelt sind an die grundsätzliche Preisentwicklung erneuerbarer Energien. Sänken die Preise, blieben die Energiealternativen auch weiterhin für große Teile der Bevölkerung erschwinglich.

Als problematisch wird in diesem Zusammenhang auch angemerkt, dass ärmere Haushalte tendenziell eine geringere Affinität zu Fragen der Energieeffizienz haben, da die Energiekosten für sie häufig durch den Staat übernommen werden, wodurch die Anreize zum Energiesparen und zum Einsatz erneuerbarer Energie fehlten.

Von mehreren Experten wurde angemerkt, dass sie den Staat oder auch die Energieversorger in der Verantwortung sehen, bei den genannten Problemen gegenzusteuern.

**Zwischenfazit.** Die Interviews haben gezeigt, dass die angesprochenen langfristigen Dynamiken durchaus eine Auswirkung auf den Ausbau erneuerbarer Energien haben können; die Mehrheit der Befragten ist dieser Ansicht. Sie werden offensichtlich in ihrer Sichtbarkeit durch andere dringlichere Entwicklungen verdeckt. Zudem scheint die Wirkungsrichtung der langfristigen Entwicklungen auf die Situation erneuerbarer Ener-

gien derzeit noch nicht absehbar zu sein. Die Expertenmeinungen gehen hier stark auseinander.

### **2.1.7 Klimapolitik, Finanzkrise und langfristige Entwicklungen als weniger relevante Faktoren der Nutzung erneuerbarer Energien**

Aus den vorhergehenden Ausführungen lassen sich die folgenden Thesen als wichtigstes Ergebnis ableiten:

#### Klimapolitik

- Ein kurzfristiges Wegbrechen der internationalen Klimapolitik ist unwahrscheinlich. Eine Prioritätenverschiebung, in deren Folge die Klimapolitik gegenüber anderen Politiken an Bedeutung verliert, ist möglich.
- Für den Ausbau erneuerbarer Energien ist die internationale Klimapolitik nicht von entscheidender Bedeutung. Andere Dynamiken (Importabhängigkeit, Versorgungssicherheit, regionale Wertschöpfungen, Energieträgerpreise) haben hier einen größeren Einfluss.
- Klimapolitik wird wichtig bei niedrigen Preisen für fossile Energieträger. Auch hier ist jedoch vor allem entscheidend, wie sich das Preisverhältnis zwischen fossiler und erneuerbarer Energie ausgestaltet.

#### Finanz- und Wirtschaftskrise

- Die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise auf den Ausbau erneuerbarer Energie sind derzeit noch nicht klar abzusehen.
- Die Finanz- und Wirtschaftskrise wird jedoch nur kurz- bis mittelfristig wirken; für den langfristigen Ausbau ergibt sich hieraus keine richtungsverändernde Wirkung.
- Möglicherweise werden aufgrund einer restriktiveren Kreditvergabe größere Projekte und Investitionen zurückgestellt.
- Es ist möglich, dass kleinere Unternehmen von der Finanz- und Wirtschaftskrise stärker betroffen sind, da sie Schwierigkeiten bei der Kreditvergabe bekommen und aufgrund von Risikoabwägungen vorsichtiger agieren. Denkbar ist ebenso, dass kleine und große Unternehmen gleichermaßen betroffen sind, da der Anteil des Eigenkapitals bei Investitionen in beiden Gruppen gleich hoch ist. Auch große Unternehmen sind daher nicht unabhängig von den Kreditbedingungen.
- Die Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise auf die Akteurskonstellation des Energiemarktes lässt sich nicht eindeutig beantworten. Die Veränderungen der Akteurskonstellation, hin zu mehr großen Akteuren, ergibt sich ohnehin - unabhängig von der Finanz- und Wirtschaftskrise.

#### Langfristige Dynamiken

- Langfristige Dynamiken, wie der demographische und soziale Wandel oder die Veränderung der Siedlungsstrukturen wirken sich auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus. Die Wirkungsrichtung ist jedoch unklar.
- Alterung, Bevölkerungsrückgang und die Zunahme von Einpersonenhaushalten verändern die Energienachfrage und damit auch die Nachfrage nach erneuerbarer Energie. Hierbei sind ältere Menschen tendenziell weniger aufgeschlossen für Neuerungen und planen eher kurzfristig. Hieraus ergibt sich möglicherweise ein Hemmnis für den Ausbau erneuerbarer Energien.
- Eine sinkende Bevölkerungsdichte kann im Wärmebereich einerseits dazu führen, dass sich größere Investitionen in die (erneuerbare) Energieinfrastruktur nicht mehr amortisieren, andererseits bringt sie jedoch auch Einsatzmöglichkeiten für dezentrale Objektversorgung auf Basis erneuerbarer Energien mit sich.
- Der soziale Wandel in Form der fortschreitenden Verarmung weiterer Bevölkerungsschichten wirkt sich nicht grundsätzlich auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus. Eingeschränkte finanzielle Handlungsspielräume führen jedoch tendenziell dazu, dass die Flexibilität der Energieverbraucher sinkt. Dieses gilt auch für scheinbar aufwendige Maßnahmen wie den Wechsel des Stromanbieters.
- Die siedlungsstrukturellen Trends (Suburbanisierung und Re-Urbanisierung) laufen auch weiterhin parallel ab. Sie bringen Vor- und Nachteile für den Ausbau erneuerbarer Energie.

## **2.2 Die relevantesten Einflussfaktoren: Kurzbeschreibungen**

Die Befragung der Expertinnen und Experten half, die Faktoren hinsichtlich ihrer Wichtigkeit, Eintrittswahrscheinlichkeit und Wirkungsintensität zu beurteilen. Es wurde dargelegt, dass sowohl einzelne Faktoren als auch thematische Gruppen von Faktoren, wie diejenigen mit ökonomischem Hintergrund, für den Ausbau erneuerbarer Energien bedeutsam sind. In den nachstehenden Unterkapiteln erfolgt eine tiefergehende Beschreibung einzelner Faktoren als Ergänzung zu den Ergebnissen der Expertenbefragung. Dabei werden die zehn Faktoren in den Blick genommen, denen durch die befragten Expertinnen und Experten in der ersten Befragungsrunde die höchste Bedeutung zugesprochen wurde (vergleiche Tabelle: Ranking der Impulse):

1. Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger
2. Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger
3. Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien
4. Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen
5. Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)

6. Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger (Zusammengefasst mit 1.)
7. Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise
8. Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien
9. Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländern
10. Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen

Nach dieser Beschreibung werden einige Faktoren zu Clustern zusammengefasst und an einer Umsetzungsmatrix gespiegelt. In komprimierter Form wird hier dargestellt, welche Auswirkungen sie auf den Ausbau erneuerbarer Energien hinsichtlich der Geschwindigkeit, der Potenziale und des Energiemixes haben.

Im Anhang finden sich ergänzend Ausführungen zu Faktoren, die nicht im Rahmen der hier vorgenommenen Top-10-Analyse betrachtet wurden.

### **2.2.1 Langfristige Kosten- und Preisentwicklung im Bereich fossiler und erneuerbarer Energieträger**

Im Gegensatz zu kurzfristigen Preisänderungen (z. B. Preissprüngen oder -einbrüchen) stellt die langfristige Entwicklung von Energiepreisen einen zentralen Parameter bei der Kalkulation von Energieversorgungsanlagen dar. Von Bedeutung sind im Zusammenhang mit der verstärkten Integration erneuerbarer Energien in Energiesysteme die beiden folgenden Dynamiken:

- Die Entwicklung der Preise fossiler Energieträger (und damit der aus ihnen erzeugten Energieprodukte, also Strom, Treibstoffe und Wärme).
- Die Entwicklung der Preise von erneuerbaren Energien und Produkten aus erneuerbaren Energien, namentlich Strom, Wärme, Holzpellets und andere.

Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien durchlaufen eine Phase sinkender Kosten; Lernkurveneffekte verbilligen ihre Herstellung. Diese Effekte sind – abhängig von den jeweiligen Technologien – teils drastisch ausgeprägt: die Kosten pro produzierter Einheit sinken zu Beginn eines Entwicklungszyklus stark. Im Gegensatz dazu sind bei Technologien zur Nutzung fossiler Energien nur noch geringe bis keine Kostensenkungen mehr zu erwarten. Teilweise ist diese Situation auch bei den Energieträgern selbst zu beobachten. Aufgrund der Endlichkeit fossiler Energieträger sowie zahlreicher nicht-energetischer Einflüsse steigen die Preise für diese Primärenergieträger stetig an. Solche Preisanstiege sind für erneuerbare Energien nicht zu erwarten, deren Preise werden zwar mit voraussichtlich wachsender Nachfrage ansteigen, jedoch nicht in einem Ausmaß wie bei fossilen Energien. Dadurch ergeben sich für fossile und erneuerbare Energien und deren Technologien entgegengesetzte bzw. divergierende Kostenkurven (s. Abb. 2-1).

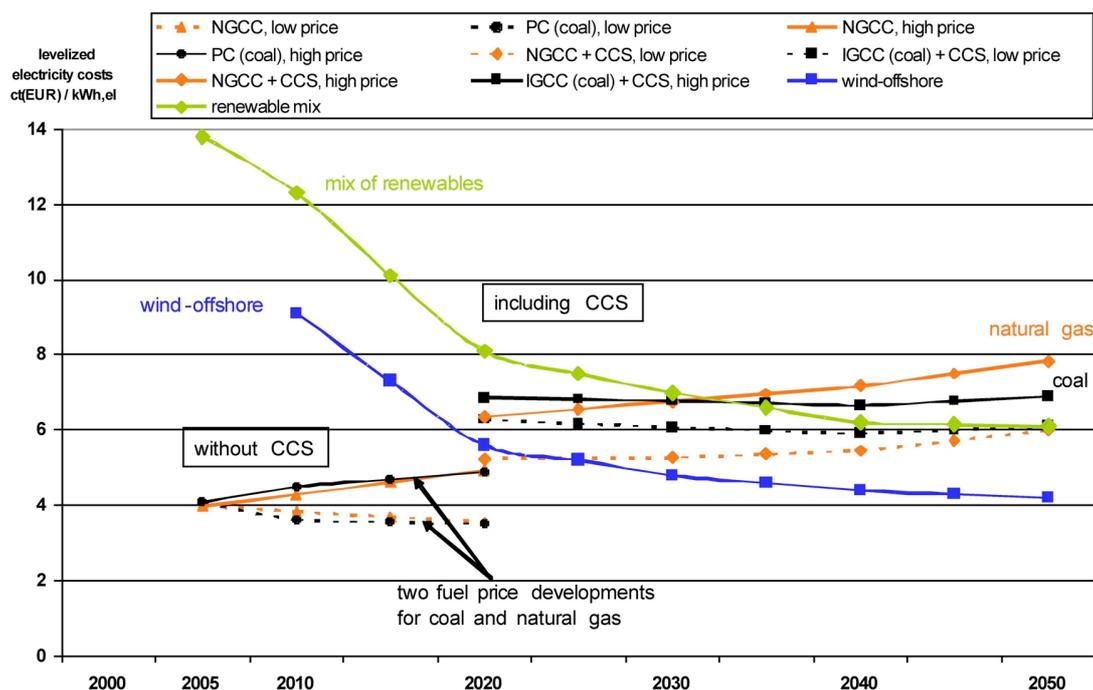


Abb. 2-1. Entwicklung der Stromgestehungskosten für verschiedene Erzeugungsoptionen unter Berücksichtigung von CCS. BMU 2007

Ein zeitlicher sowie räumlicher Impuls für derartige Kosten- und Preisentwicklungen ist nicht zu bestimmen, da es sich um langfristige fließende Veränderungen handelt. Nichtsdestoweniger kann im Falle der CO<sub>2</sub>-Abtrennung und anschließender Speicherung (CCS) von einem mehr oder weniger konkreten Preis-/Kostenimpuls gesprochen werden, der das Wettbewerbsgefüge zwischen Sekundärenergien aus fossilen und erneuerbaren Energieträgern verändern wird. Daher kann die Aussage getroffen werden, dass die Anforderungen des Klimaschutzes bei fossilen Energieträgern zu weiteren Kostenfaktoren führen werden, da deren klimaverträgliche Nutzung nur mittels CCS sichergestellt werden kann. CCS erfordert im Kraftwerksbereich zusätzliche Technologien (sogenannte Post-combustion) oder die Einführung gänzlich neuer Umwandlungskonzepte (Oxyfuel und Kohlevergasung (sogenannter Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)). Dadurch wird sich der Stromerzeugungsprozess im Vergleich zur Erzeugung ohne CCS dauerhaft verteuern, auch wenn die CCS-Technologien ihrerseits Lernkurveneffekte durchlaufen werden. Diese Kostensteigerung führt dazu, dass eine raschere Annäherung der Kosten von Strom aus fossilen und erneuerbaren Energiequellen erfolgen wird, als dies bisher in Kostenvergleichen berücksichtigt ist.

Die sinkenden Kosten von REG-Technologien entlang von Lernkurven können durch verschiedene Entwicklungen abgeschwächt bzw. verdeckt werden:

- a) Die hohe Nachfrage nach diesen Technologien kann aufgrund der dauerhaft über dem Angebot liegenden Nachfrage zu einer Steigerung der *Preise* führen (marktduzierte Preissteigerungen). Von Bedeutung sind hier Subventionen in REG-

Technologien bzw. in REG-Produkte, die teils in die Anlagen eingepreist werden, wodurch es zu einer Abschöpfung höherer Gewinne durch die Technologieanbieter kommt.

- b) Die hohe Nachfrage nach REG-Technologien kann Rohstoffe verteuern, vor allem Silizium (für Photovoltaik-Anlagen) und Stahl (für die Windindustrie), wodurch Kostensenkungen im Produktionsprozess teilweise ausgeglichen werden.

Ob langfristige Preisentwicklungen also eine treibende oder hemmende Kraft für den Ausbau erneuerbarer Energien darstellen, hängt sowohl von fossilen als auch von erneuerbaren Energien ab. Des Weiteren spielen Aspekte wie die Versorgung mit Rohstoffen auch im Bereich erneuerbarer Energien eine maßgebende Rolle.

### **2.2.2 Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger**

Aufgrund der Endlichkeit fossiler Energieträger, speziell von Erdöl, ist der Punkt von besonderer Bedeutung, an dem das Maximum der Ölproduktion pro Zeiteinheit in Millionen Barrel pro Tag erreicht wird. Nach dem Durchschreiten dieses Maximum fällt die Weltölproduktion stetig ab. Diese strukturelle Entwicklung ist durch technische Maßnahmen nicht umkehrbar. Bleiben die wirtschaftlichen Strukturen der globalen Ökonomien jedoch weiterhin auf ein Verbrauchswachstum eingestellt, übersteigt die Nachfrage strukturell das verfügbare Angebot. Es entsteht so eine Verfügbarkeitslücke. Die Konsequenz ist, dass diese strukturelle Lücke zu Brüchen in Versorgungs- und damit auch Wirtschaftssystemen führen kann. Brüche könnten vermieden werden, wenn zeitnah ausreichende Ersatzkapazitäten zur Verfügung gestellt würden.

Das Eintreten von Peak Oil und Peak Gas dürften starke Treiber für die weitere Nutzung erneuerbarer Energien darstellen. Abhängig ist dies von der Substitutionsdynamik im Bereich fossiler Energieträger, also der Geschwindigkeit, mit der Ölprodukte und Erdgas durch gleichwertige Produkte auf fossiler Basis ersetzt werden können und nach politischer Rahmensetzung auch ersetzt werden sollen. Als Substitute für Erdölprodukte kommen hauptsächlich Kohleverflüssigung und Gas-to-Liquid in Frage.

Für Erdöl stehen zahlreiche mögliche Substitute zur Verfügung: für den Einsatz im Verkehrsbereich Biokraftstoffe, verflüssigte Kohle und Erdgas; für den Einsatz im Wärmebereich Erdgas, Biomasse, Solarthermie und Geothermie. In beiden Bereichen können Erdölprodukte außerdem durch Effizienz (und Sparen) „substituiert“ werden – also durch effizientere Motoren, verändertes Fahrverhalten, durch verbesserte Wärmedämmung und Wärmeausnutzung (z. B. in Industrieprozessen). Allein die nicht-energetische Nutzung von Erdöl (Herstellung von Medikamenten, Kunststoffen, Düngemitteln etc.) stellt bisher noch sehr hohe Anforderungen an Ersatzstoffe. Erdgas kann im Bereich der Stromerzeugung durch Kohlen ersetzt werden (unter Klimaschutzanforderungen in Verbindung mit CO<sub>2</sub>-Abtrennung und -Speicherung), ebenso durch erneuerbare Energien und verstärkte Effizienzanstrengungen. Bei der Wärmebereitstellung bieten sich hauptsächlich erneuerbare Energien sowie Energieeffizienz als Substitute an. (Die Substitution durch Erdöl erscheint wenig wahrscheinlich, da Erdöl aller Voraussicht nach früher strukturell knapp werden wird als Erdgas).

Von Bedeutung werden Substitutionsdynamiken auf der Zeitachse dann, wenn ressourcenseitige strukturelle Grenzen der Bereitstellung erreicht werden. Unter Annahme eines Ölproduktionsmaximums und anschließendem Produktionsrückgang auf globaler Ebene sollen kurz mögliche Substitutionspfade angesprochen werden. Eine dauerhaft über dem Angebot liegende Nachfrage führt zu hohen Ölpreisen. Damit werden bisher noch teurere Alternativen wettbewerbsfähig. Eine konventionelle Argumentationslinie führt aus, dass schrittweise Teersande und Schwerstöle, Ölschiefer, verflüssigtes Erdgas und schließlich auch verflüssigte Kohle wettbewerbsfähig werden und großmaßstäblich zum Einsatz kommen. Auf diese Weise wäre es möglich, strukturelle Knappheiten im Bereich fossiler Energieträger zu vermeiden – womit das Eintreten des Peak Oil irrelevant wäre. Die Hauptkritik daran ist, dass die genannten Alternativen möglicherweise gar nicht in der Geschwindigkeit erschlossen werden können, wie dies bei einem Peak Oil notwendig wäre. Diese Dynamik trifft kumulativ auf globaler Ebene sämtliche Staaten, ist auf nationaler Ebene aber vor allem für Staaten von Bedeutung, die entweder steigende Anteile ihrer Primärenergien durch Importe zu decken haben oder die sich als Energieexporteure im Decline befinden und nach Wegen suchen, sinkende Exporte auszugleichen. Gründe für eine solche Situation sind (Auswahl):

- Die geringe Größe des Kohleverflüssigungsmarkts erlaubt nicht die Errichtung entsprechender Anlagenzahlen
- Wasserknappheit setzt ambitionierten CtL-Projekten Grenzen
- Knappheiten von Wasser und Erdgas (Prozesswärme!) begrenzen die Ölproduktion aus Teersanden
- Akzeptanz gegenüber großen Projekten (z. B. Teersande) sinkt, lokale Widerstände entstehen
- F&E-Projekte finden nicht rasch genug zur Anwendungsreife (z. B. für die Erschließung entlegener Gasquellen durch Gas-to-Liquids-Anlagen)
- Starke Preissteigerungen bei Komponenten und Rohstoffen (z. B. Stahl), die die Wirtschaftlichkeit der Substitut-Technologien in Frage stellen

Es ist davon auszugehen, dass Engpässe so lange bestehen werden, wie steigende Effizienzbemühungen die Lücke von Nachfrage und Angebot nicht schließen können. Dies ist unabhängig von der Stärke des globalen Wirtschaftswachstums, wobei das Schließen der genannten Lücke bei starkem Wachstum länger dauern wird als bei geringem Wachstum. Es ist allerdings zu erwarten, dass eine strukturelle Angebotsknappheit zu vermindertem Wirtschaftswachstum führen wird.

Träten entsprechende Substitutionsengpässe auf, würde dies die Nutzung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienz beschleunigen.

Vergleichbar, jedoch mit „umgekehrten Vorzeichen“, ist die langfristig anvisierte Substitution konventioneller fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien. Sollte erkennbar werden, dass erneuerbare Energien nicht die geplanten großen Versorgungs-

anteile übernehmen können, würde dies zu einer verstärkten Nutzung unkonventioneller fossiler Energieträger führen. Im Sinne eines Overshoot könnten diese Energieträger dann erneuerbare Energien verdrängen.

### **2.2.3 Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien**

Sprünge im Bereich der Technologieentwicklung sind normalerweise nicht planbar, auch wenn durch geeignete Maßnahmen wie verstärkter Forschungsförderung positive Rahmenbedingungen hierfür geschaffen werden können. Technologische Sprünge sind auf zweierlei Arten möglich: 1) Rasche Weiterentwicklungen auf Basis bereits existierender Technologien. Fortschritte und Sprünge sind hier u. a. in Form starker Wirkungsgradsteigerungen oder Kostensenkungen durch eine Optimierung des Produktionsprozesses zu suchen. 2) Technologische Neuentwicklungen, die generelle Alternativen zu den existierenden Technologien darstellen. Daher ist kaum absehbar, welche neuen Technologien langfristig eine Rolle bei der Bereitstellung von Energie spielen werden. Außerdem können nur ansatzweise Aussagen darüber getroffen werden, wie stark sich Technologiekosten tatsächlich langfristig verändern. Diese Unsicherheit besteht sowohl in die Richtung sich stärker, als auch sich weniger stark als prognostiziert verändernder Kosten.

Die wichtigsten Beweggründe der Suche nach neuen Technologien sind die Minimierung von Umweltbelastungen, die Reduktion des Ressourceneinsatzes sowie die Senkung von Kosten. Im Bereich erneuerbarer Energien werden in verschiedenen Technologiesparten rasche – sprunghafte – Entwicklungen erwartet. Ein Beispiel ist die Photovoltaik. Hier besteht hinsichtlich der Entwicklung neuer Materialien großes Interesse. Denkbar sind PV-Module auf organischer Basis, die neue Verarbeitungs- und Einsatzmöglichkeiten erlauben könnten. Dieser Entwicklungspfad ist gänzlich verschieden vom derzeit genutzten „Silizium-Pfad“. Im Bereich der Energiespeicherung wird ebenso an zahlreichen neuen Technologien gearbeitet. Welche Technologie oder welches Technologiebündel sich durchsetzen wird, ist derzeit nicht prognostizierbar, ebenso zu welchen Kosten die elektrische und thermische Speicherung in den kommenden Dekaden verfügbar sein wird.

Ereignen sich solche Technologiesprünge in den kommenden Jahren oder Jahrzehnten, könnte die Nutzung erneuerbarer Energien abseits von beobachtbaren Lernkurven vorhandener Technologien mit großer Wahrscheinlichkeit weiter verbilligt werden. Dadurch verschöbe sich die Kostenrelation weiter hin zur stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien.

Während im Bereich erneuerbarer Energien Technologiesprünge erwartet werden können aufgrund der noch kurzen Entwicklungsgeschichte der Technologien, ist die Wahrscheinlichkeit solcher grundlegender Neuentwicklungen im Bereich fossiler Energieträger eher gering. So liegt z. B. die Wirkungsgradsteigerung der Stromerzeugung aus Kohle inzwischen nahe an ihrem thermodynamischen Maximum.

#### **2.2.4 Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei der Nutzung erneuerbarer Energiequellen**

Lernkurven beschreiben die Entwicklung von Herstellungskosten z. B. von Technologien. Der Verlauf solcher Kurven ist abhängig von zwei Faktoren:

- Skaleneffekte: je mehr Einheiten hergestellt werden, umso stärker sinken die Herstellungskosten, weil fixe Gesamtkosten, die unabhängig von der Zahl der produzierten Einheiten sind, auf mehr Einheiten umgelegt werden
- Steigende Erfahrung mit längerer Produktionsgeschichte: je länger eine technische Anlage produziert wird, umso mehr Produktionserfahrung liegt vor, und umso eher können versteckte Kostensenkungspotentiale genutzt werden

Bei Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien sind prinzipiell sinkende Herstellungskosten zu erwarten, deren Lernkurven haben also negative Steigungen. Diese Dynamiken betreffen die *Seite der Herstellung von Technologien*. Sie beeinflussen sehr stark die Kosten- bzw. Preisentwicklung der durch sie bereitgestellten Energieformen (REG-Strom und –Wärme), also die *Seite des Energieoutputs*. Denn bei Gleichbleiben anderer Kostenfaktoren (z. B. Kosten von Flächenpachten, Steuern) sinken die Gesamtkosten und damit die Gestehungskosten des Energieoutputs dieser Anlagen.

Für REG-Technologien sind – außer für die sogenannte Große Wasserkraft – sehr ausgeprägte Lernkurven mit negativem Kurvenverlauf zu erwarten, weil derzeit die Anlagenkosten noch hoch sind im Vergleich zu Anlagen mit Befeuerung auf Basis fossiler Energieträger (Kohle- und Erdgaskraftwerke).

Auf die Entwicklung der Preise fossiler und erneuerbarer Energieträger wurde in Kap. 2.2.1 eingegangen.

#### **2.2.5 Unfallereignisse (z.B. Kernenergie-Unfall, CCS-Leckage)**

Schwerwiegende Unfälle im Bereich der herkömmlichen bzw. fossilen Energieerzeugung können sich zu einem Förderfaktor für die Einstellung gegenüber Erneuerbaren entwickeln. Als Beispiel für eine derartige Entwicklung können die Unfälle mit der Kernenergie in Harrisburg (USA) 1979 und Tschernobyl (Ukraine) 1986 angeführt werden. Regelmäßig durchgeführte Bevölkerungsumfragen auf europäischer Ebene verdeutlichen, wie die Zustimmung und Befürwortung der Kernenergie bis zum GAU in Tschernobyl kontinuierlich anstieg, um dann dramatisch einzubrechen (Mackenthun 2003).

Mitte der 1970er Jahre lag die Zustimmung noch bei rund 45 Prozent, die Folgen der Ölpreiskrise mögen dieses Hoffen auf die Kernkraft bestärkt haben. Nach dem Unfall in Harrisburg sank die Zustimmung bis Mitte der 1980er auf rund 25 Prozent, um dann nach dem Tschernobyl-Unfall noch weiter auf neun Prozent zu sinken. Einhergehend mit dem schwindenden Ansehen der Kernenergie in der Bevölkerung lässt sich das

Aufkommen erneuerbarer Energiealternativen beobachten, eine Entwicklung, die sich auch auf politischer Ebene anhand der Etablierung grüner Parteien in Europa beobachten lässt.

Auch neuere Technologieoptionen im Energiebereich bergen Risiken. Beispielhaft soll hier die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> (CCS) angeführt werden. Mit Hilfe dieser Technik soll gleichzeitig der weitere Ausbau der Kohlenutzung und Klimaschutz gewährleistet werden. Störfälle im Bereich der Abscheidung, des Transportes oder der Speicherung könnten zu einem Wegbrechen der Akzeptanz und möglicherweise zu einem „Ausfall“ dieser Klimaschutzoption führen (s. Tab. 2-3). Ein positiver Einfluss auf den Ausbau der als ungefährlich wahrgenommenen regenerativen Energien, ähnlich wie ihn die Störfälle in der Kernenergie ausgelöst haben, könnte die Folge sein.

Tab. 2-3. Qualitative Abschätzung von Freisetzungsmechanismen, ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und die potenzielle Menge bei der Abtrennung und Speicherung von CO<sub>2</sub>

Freisetzungsmechanismus	Eintrittswahrscheinlichkeit	Potenzielle Mengen
Leckage durch aktive oder Altbohrungen	wahrscheinlichster Leckageweg	signifikant
Blow out	2*10 <sup>-5</sup> pro Bohrung und Jahr	signifikant
Fehlgeschlagene Injektion aufgrund von Bohrblockaden	gering	gering
Öffnung der Lagerstättenformation durch zukünftige Bohrungen	stark abhängig von Kontrollmechanismen	signifikant
Austritt von CO <sub>2</sub> beladenem Grundwasser	abhängig von Reservoir und Betriebsweise	gering
Bedienungs- oder Gerätefehler	Vielzahl von Möglichkeiten	gering bis hoch
Unbekannte Altbohrungen	von der Region abhängig	signifikant
Leckage durch existierende Verwerfungen	wahrscheinlich	signifikant
Leckage durch Verwerfungen aufgrund von Injektion ausgelöster Erdbeben	sehr gering aber von der Region abhängig	signifikant
Leckage durch Verwerfungen aufgrund natürlicher Erdbeben	signifikant in manchen Regionen	signifikant
Leckage durch Deckschicht	ggf. hoch	signifikant
Leckage durch Deckschicht aufgrund von Einfülldruck	standort- und betriebsbedingt	signifikant
Diffusion durch Deckschicht und andere Schichten	Standortabhängig	signifikant
Reaktion mit Deckschicht	standort- und betriebsbedingt	signifikant
Gelöstes CO <sub>2</sub> entweicht lateral (strukturelle+stratigraphische Falle!!)	standortabhängig, wahrscheinlich wichtigster Mechanismus bei Aquiferen	signifikant

Quelle: IEA Greenhouse Gas R&D Programme (IEA GHG): Environmental Assessment for CO<sub>2</sub> Capture and Storage. 2007/1 Cheltenham Glos., UK

## 2.2.6 Abrupte Schwankungen der Energieträgerpreise

Kurzfristige bzw. abrupte Preisschwankungen seien in diesem Kontext definiert als starke Schwankungen innerhalb einer Heizperiode bzw. eines Jahres. Dieser Zeitraum ist deutlich kleiner als ein Investitions- oder Erneuerungszyklus von Energieanlagen.

Preisschwankungen auf Märkten für fossile Primärenergien sowie Strom aus vorrangig fossil befeuerten Kraftwerken wirken sich in unterschiedlicher Weise auf den Einsatz erneuerbarer Energien aus. Bioenergien – z. B. Holzpellets, aber auch raffinierte Produkte wie Biodiesel – folgen indirekt den Preisen fossiler Energien, jedoch über längere Zeiträume. Dies ist teils auf die nicht wahrgenommene Konkurrenz bzw. die eingeschränkte Substituierbarkeit zurückzuführen. Zwar können z. B. Holzpellets einen Ersatz für Heizöl darstellen, allerdings ist diese Art der Konkurrenz nur mittel- bis langfristig von Bedeutung. Denn ein direkter Energieträgerwechsel ist nicht möglich, sondern stellt erst im Rahmen einer Heizungsmodernisierung eine Option dar.

Bei Strompreisschwankungen sind akteursseitig zwei Ebenen zu unterscheiden: erstens die Ebene der Stromproduzenten, die vor der strategischen Entscheidung stehen, Strom aus fossilen oder erneuerbaren Energien zu produzieren. Zweitens die Ebene der Stromverbraucher, die sich entweder für Strom aus erneuerbaren Energien entscheiden oder für den konventionellen Strommix. Innerhalb der ersten Gruppe ist es unwahrscheinlich, dass die Investitionsentscheidungen von abrupten Preisschwankungen abhängig gemacht werden. Vielmehr sind hier langfristige Preisprognosen für Innovationszyklen von Bedeutung. Die zweite Gruppe macht die Entscheidung für oder gegen fossile/erneuerbare Energien ebenfalls nicht von kurzfristigen Schwankungen abhängig. Nichtsdestoweniger hat bei dieser Gruppe in den vergangenen Jahren ein Prozess des Umdenkens eingesetzt: Je weiter sich die Preise für Strom aus fossilen Energieträgern den Preisen für grünen Strom annähern, umso attraktiver wird der Umstieg. Hierbei fungieren abrupte Schwankungen jedoch nicht als unmittelbare Auslöser. Vielmehr wecken sie das Bewusstsein, dass die in früheren Jahrzehnten für stabil angesehenen (fossilen) Energie- und Strompreise inzwischen starken Schwankungen unterliegen. Damit können kurzfristige Schwankungen über längere Zeit durchaus dazu führen, dass erneuerbare Energien an Akzeptanz gewinnen. Es kommt zu einer Überlappung bzw. Kausalität zwischen kurzfristigen Preisschwankungen und mittel- bis langfristigen Investitionsentscheidungen.

Die Portfoliotheorie im Energiebereich besagt, dass höhere Anteile erneuerbarer Energien im Gesamtmix den durchschnittlichen Preis dieses Mix' senken, *auch wenn* diese Versorgungsanteile höhere Gestehungskosten haben als die ursprünglichen Bestandteile (fossil befeuerter Erzeugungslleistung). Dies resultiert daraus, dass der Anteil preisvolatiler fossiler Energieträger parallel zur Steigerung erneuerbarer Energieträger sinkt: Je weniger volatile Energieträger sich also im Mix befinden, desto niedriger wird der Durchschnittspreis des Mix. Trotz der ökonomischen und mathematischen Plausibilität hat die Portfoliotheorie bisher aber keinen Eingang in nationale Energiesystemplanung und -strategie gefunden. Ihre Nichtbeachtung ist vielmehr ein Hinweis darauf,

dass kurzfristige Preisschwankungen bisher keine Bedeutung bei der Energiesystemplanung erlangt haben.

### 2.2.7 Massiver Einstieg der Global Player in den Markt für erneuerbare Energien

Bisher verfolgen „Global Players“ auf internationaler Ebene keine einheitliche Strategie, um im REG-Markt Fuß zu fassen. Es können jedoch prinzipiell unterschiedliche Effekte beobachtet werden, die für diesen Faktor von Bedeutung sind.

Die Forschungs- und Finanzmittel von Seiten der Global Player können bei massivem Einsatz eine beträchtliche Wirkung erzielen. Im Gegensatz zu den mehreren hundert Millionen Euro, die der deutsche Staat jährlich in die REG-Forschung investiert, steht z. B. *General Electric* ein Gesamtforschungsbudget von 5,7 Mrd US\$ (2006) zur Verfügung. Sieht man das im Verhältnis zu den sechs Geschäftsfeldern, von denen „Infrastructures“ mit dem Energiezweig<sup>108</sup> eines der stärksten Segmente bildet und außerdem gute Wachstumsraten verzeichnen kann, steht zumindest theoretisch ein dementsprechend hoher Betrag für die Forschung zur Verfügung – allein von einem einzigen Unternehmen<sup>109</sup>. Auch können einige innovative Technologien oft nur von Global Playern oder in Kooperationsprojekten entwickelt werden, da der Finanzierungsaufwand nur gemeinsam von Staat und Unternehmen getragen werden kann – insbesondere bei längerfristigen Projekten<sup>110</sup>. Durch ein großes Budget, das Global Playern zur Verfügung steht, kann außerdem die globale Meinungsführerschaft (z. B. durch Werbung) stark beeinflusst werden. Ein massiver Markteinstieg kann durch entsprechend intensive internationale Vermarktung begleitet werden.

Weiterhin können Global Player zusätzlich zum Technologieangebot noch einen Mehrwert bieten, den die bisher hauptsächlich auf dem REG-Markt tätigen KMU nicht unbedingt leisten können. Dazu gehören neben dem parallelen Ausbau von Infrastrukturen auch Zusatzleistungen wie integrierter Service vor Ort oder zeitnaher Zugriff auf Wartungskomponenten innerhalb der Wertschöpfungskette. Diese können in Zukunft einen entscheidenden Faktor im globalen Wettbewerb darstellen. Für viele Global Player gestaltet sich der Markteintritt außerdem deutlich einfacher, da oftmals schon Absatzkanäle, Produktions- oder Vertriebsstrukturen vor Ort bestehen, die genutzt werden können. Das unterstützt auch die Geschwindigkeit der Marktdiffusion. Durch Lieferengpässe und Rohstoffknappheit sind die REG-Märkte im Moment sehr angespannt. Der Technologie- und Unternehmenszugriff von Global Playern könnte dieses Problem auflösen bzw. umgehen. Mit einem massiven Einstieg der Global Player wird oft die Massenmarkttauglichkeit der Technologien erreicht, wodurch Lernkurven

---

<sup>108</sup> Der wiederum eines von sechs Segmenten im Bereich Infrastructures darstellt

<sup>109</sup> GE will angeblich seinen Umsatz mit umweltfreundlichen Technologien bis 2010 auf mindestens 20 Milliarden Dollar verdoppeln (Wirtschaftswoche 22.03.2007)

<sup>110</sup> Wie z. B. Gezeiten- und Wellenkraft oder die Entwicklung von neuen Materialien im Photovoltaikbereich. Bei Marktinteresse aber fehlender eigener Forschung können Global Player auch relativ einfach Know-how einkaufen.

schneller durchlaufen und somit Technologiekosten deutlich gesenkt werden können. Allerdings wirken sich durch Verdrängung einige dieser Effekte negativ auf die bisher dominierende KMU-Produktionsstruktur aus, die eher mit regionaler Wertschöpfung oder z. B. Armutsbekämpfung in Wechselwirkung treten kann<sup>111</sup>.

Bei einem Einstieg der Global Player kann mit einigen dieser Effekte gerechnet werden. In der Gesamtschau auf den Ausbau der REG-Nutzung wirken sich diese fördernd aus. Insbesondere durch den großen Mittelzufluss muss der Markteinstieg der Global Player insgesamt positiv bewertet werden.

### **2.2.8 Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in den Entwicklungsländern**

Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien wurden in der Vergangenheit in Industrieländern entwickelt und eingesetzt. Hier existierten auch förderliche Rahmenbedingungen für deren Einsatz. Dies ist vor allem dann eine unabdingbare Voraussetzung, wenn eine Technologie aufgrund ihrer Komplexität als „Hochtechnologie“ gilt. Hochtechnologien zeichnen sich neben dem technischen Komplexitätsgrad oft auch durch eine schwierige Bedien- bzw. Anwendbarkeit (und hohe Kosten) aus. Damit verbunden ist die Problematik der generellen Beherrschbarkeit einer Technologie.

Im Bereich erneuerbarer Energien gehören solarthermische Kraftwerke (vor allem aufgrund der komplizierten Spiegel-Nachführsysteme und Absorberrohr-Verbindungen) zu den Hochtechnologien. Im Gegensatz dazu sind Windkraftanlagen kein „High Tech“ (mehr), sondern robuste und erprobte Technologien. Photovoltaische Anlagen sind zwar aufgrund des Herstellungsprozesses als High Tech zu bezeichnen, sie lassen sich jedoch prinzipiell einfach bedienen.

Neben dem Kriterium *technologische Komplexität* ist weiters die Bedienbarkeit von Relevanz sowie die Gewährleistung möglichst hoher Verfügbarkeit. Denn auch einfache Bedienbarkeit und Verfügbarkeit sind zentrale Treiber dafür, ob der Transfer von Technologien in Entwicklungsländer erfolversprechend ist oder nicht. Ein Beispiel sind Solar Home Systems SHS, kleine Photovoltaik-Module mit einer Batterie, die zwar einfach in der Bedienung sind, bei denen sich in der Vergangenheit aber oft gezeigt hat, dass ein Mangel an Instandhaltungsexpertise (z. B. durch ausgebildete Handwerker) ihren zuverlässigen Einsatz stark erschwert hat.

Prinzipiell sind für die Einsetzbarkeit und Verbreitung von Technologien – neben der Kosten, die an anderer Stelle dargestellt werden – also folgende Kriterien wichtig:

- einfache Anwendbarkeit, auch unter schwierigen klimatischen Bedingungen
- einfache Beherrschbarkeit

---

<sup>111</sup> Wegen der Skalenerträge werden Global Player möglicherweise den Fokus auf Großanlagen legen im Gegensatz zu (dezentralen) Kleinanlagen, wie z. B. auch für den Markt in Entwicklungsländern.

- Ausfallsicherheit bzw. hohe Verfügbarkeit auch ohne technisch hoch ausgebildetes Personal

Da Entwicklungsländer nach Trendprojektionen in Zukunft sehr hohe Energiebedarfe haben werden, sind sie für eine globale nachhaltige Entwicklung und den Klimaschutz von großer Bedeutung. Entsprechend müssen klimaschonende Technologien auch in diesen Ländern einfach einsetzbar sein. Die Herausforderung ist daher, den technologischen Transfer von Industrie- in Entwicklungsländer zu bewerkstelligen. Hierzu gehört, dass die Technologien, die unter den Bedingungen in Industrieländern anwendbar sind, ebenso in Entwicklungsländern anwendbar bleiben. Dies erfordert teilweise Anpassungen an die dortigen (oft sehr unterschiedlichen) Bedingungen.

Je höher Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit (als Teilaspekt der Anwendbarkeit) und Transfereignung sind, desto rascher und umfangreicher können Technologien weltweit eingesetzt werden. Im Bereich erneuerbarer Energien bedeutet dies: je rascher Hochtechnologien an den Anwender, das bedienende Personal bzw. die strukturellen Rahmenbedingungen angepasst werden können, desto größer kann deren Erfolg in Konkurrenz zu fossilen Energietechnologien sein. Für einfachere Technologien gilt ähnliches: je besser diese an Nutzer und Infrastrukturen angepasst sind, desto einfacher fällt deren Implementierung.

### **2.2.9 Netzstabilität**

Die sichere Versorgung mit Elektrizität ist unter anderem maßgeblich von einem stabilen Betrieb des Stromnetzes abhängig. Dieser wiederum wird durch die angeschlossene Anlagentechnik (Erzeugung, Netz und Kunde) und deren Betriebsweise, die Netzstrukturen sowie das Verbraucherverhalten beeinflusst und durch einschlägige technische Anforderungen geregelt. Wenn Erzeugungsanlagen die geltenden Anforderungen nicht (mehr) erfüllen können, dann darf Ihnen der Netzzugang verweigert oder ihr Betrieb eingeschränkt und von (neuen) Auflagen abhängig gemacht werden. Hierin liegt das Risiko eines kritischen, negativen Kippmomentes für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in allen Strommärkten.

Dabei wirken verschiedene Faktoren zusammen. Einerseits wurden die Strukturen für die heutige Stromversorgung und die Anforderungen an den Netzbetrieb in einer Zeit aufgebaut und festgelegt, in der es mit Ausnahme der Wasserkraft praktisch keine Erzeugung aus REG gab. Und selbst mit zunehmender Anzahl von Erzeugungsanlagen auf REG-Basis wurden und werden diese zum Teil auch noch von den Versorgern und Netzbetreibern zunächst als störend empfunden und entsprechend restriktiv in den Netzbetrieb integriert. Auf der anderen Seite konzentrierten sich die Hersteller und Betreiber von REG-Anlagen zunächst hauptsächlich auf die Anlagengröße, Standortauswahl, den Zugang zum Netz sowie eine größtmögliche und vorrangige Einspeisung des erzeugten REG-Stroms. Die REG-Anlagen weisen andere Leistungsgrößen und Eigenschaften auf, wobei ein erheblicher bis mittlerweile überwiegender Anteil der gesamten REG-Stromerzeugung aus den fluktuierenden Quellen Windenergie und Photovoltaik stammt. Hinzu kommt ein sehr dynamisches Marktwachstum, in dessen Folge

der Anteil von EE-Strom am Verbrauch innerhalb kurzer Zeit stark angestiegen ist, von gut 6 % im Jahr 2000 auf über 10 % in 2006..

Die Erzeugungsstruktur hat sich demnach signifikant gewandelt und ist nunmehr über alle Spannungsebenen des Stromnetzes verteilt, während die Anforderungen und der Netzbetrieb sich nur mit Verzögerung daran anpassen.

Erste Hinweise auf daraus entstehende negative Kippmomente gibt es bereits besonders im Bereich der Windenergie. Deren Ausbau sowohl im Inland als auch auf See wird im Wesentlichen durch fehlende Netzkapazitäten sowie inflexible Sicherheitsanforderungen gehemmt. Dies gilt bisher vor allem in Norddeutschland, wo in der Folge das so genannte Erzeugungsmanagement eingeführt wurde und dadurch der weitere Ausbau gehemmt sowie die Wirtschaftlichkeit bestehender Anlagen gefährdet wurde. Neben solchen regionalen Netzengpässen wurde im Zusammenhang mit der europa-weiten schweren Störung des Netzbetriebes am 04.11.06, verursacht im E.ON Netzgebiet, noch deutlicher, dass die heutigen Anforderungen an die dezentrale Stromerzeugung (egal ob aus REG oder konventionellen Quellen), nicht mehr zeitgemäß sind und dringend an die neuen Strukturen angepasst werden müssen. Obwohl die REG-Anlagen für die Störung nicht verantwortlich waren, können sich aus den für REG notwendigen neuen Strukturen sowie deren Realisierung sehr starke Hemmnisse bezogen auf den Ausbau ergeben, da der Versorgungssicherheit im Zweifelsfall Vorrang gegeben wird.

### **2.3 Ökonomische und technologische Faktoren als Faktorenbündel**

Die vorhergehenden Ausführungen lieferten Informationen zu den Faktoren. Im Folgenden sollen diese an der Umsetzungsmatrix und darauf aufbauend an den Politikzielen gespiegelt werden. Diese Queranalyse erfolgt sowohl entlang der einzelnen Faktoren als auch für zwei Cluster, zu denen einige der Top-10-Faktoren zusammengefasst werden. Die Clusterbildung erfolgt, weil eine den einzelnen Faktoren übergeordnete Analyseebene angesprochen werden kann. Dies ermöglicht, Wirkungszusammenhänge, Lösungsstrategien und Handlungsempfehlungen für den Nutzungsausbau erneuerbarer Energien nicht auf einzelne Aspekte zu reduzieren, sondern nach Möglichkeit mit einer kombinierten Strategie einen größeren Effekt zu generieren.

#### **2.3.1 Cluster 1 - Ökonomische Faktoren**

In diesem Cluster werden Faktoren zusammengefasst, die sich vorrangig direkt oder indirekt auf die Wirtschaftlichkeit der erneuerbaren Energieerzeugung auswirken. Aus der Top-10 der Faktoren gehören hierzu:

- Langfristige Preisentwicklung der fossilen Energieträger
- Langfristige Preisentwicklung erneuerbarer Energieträger
- Abrupte Schwankungen der Preise fossiler Energieträger
- Lernkurven und Kostendegressionseffekte erneuerbarer Energiequellen

### 2.3.2 Cluster 2 - Technologiespezifische Faktoren

In diesem Cluster werden Faktoren zusammengefasst, die sich auf technologische Aspekte der Nutzungsausweitung erneuerbarer Energien auswirken. Es könnten hier auch Faktoren aufgenommen werden, die bereits im Cluster *Ökonomische Faktoren* verortet wurden. Hier zeigt sich, wie eng das Wirkungs- und Beziehungsgefüge von ökonomischen und technischen/technologischen Faktoren ist. Für die Analyse müssen daher Vereinfachungen getroffen werden, u. a. durch eine Herausarbeitung der grundlegenden Strukturen. Abgebildet im Cluster Technologiespezifische Faktoren sind folgende Faktoren:

- Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energietechnologien in Entwicklungsländern
- Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge bei Technologien erneuerbarer Energieerzeugung (dieser Faktor kann teilweise auch dem Cluster *Ökonomische Faktoren* zugeordnet werden)

### 2.3.3 Weitere Faktoren

Die folgenden Faktoren sind keinem dieser Cluster zuzuordnen und werden daher einzeln analysiert:

- Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger und Peak-Tendenzen: bezeichnet die konkrete physische Knappheit – geologisch-physikalisch mögliche Maximalproduktion – von Energie, unabhängig von der Preisentwicklung
- Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien
- Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, CCS-Leckage)
- Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen

## 2.4 Bezug der Faktoren und der Faktoren-Cluster zur Umsetzungsmatrix

Die abschließende Analyse der Cluster und Einzelfaktoren fasst die vorn erhobenen und dargestellten Daten und Zusammenhänge zusammen. Dieses Vorgehen ermöglicht es, ganz konkret die **direkten Auswirkungen** dieser Faktoren auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien kenntlich zu machen. Die Umsetzungsmatrix stellt hierfür einen geeigneten Rahmen zur Verfügung. Danach werden in Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** indirekte Auswirkungen über die Einflussnahme auf Politikziele (ausführlich in Kap. 1 thematisiert) analysiert.

### 2.4.1 Cluster Ökonomische Faktoren

**Umsetzungsgeschwindigkeit.** Energie ist in modernen Wirtschaften ein unentbehrliches Gut. Daher ist für den Einsatz von Energieoptionen weniger das absolute Kosten-

bzw. Preisniveau ausschlaggebend. Vielmehr entscheidet über den Einsatz von Energieträgern in einem sehr weiten Bereich das **relative** Kosten- bzw. Preisniveau. (Dies schließt den Einsatz von Alternativen im Bereich Energieeffizienz sowie die Suffizienz zu einem gewissen Grad mit ein, stößt jedoch dann an Grenzen, wenn der Verzicht auf Energieverbrauch als zu stark die eigenen Möglichkeiten einschränkend empfunden wird.) Innerhalb dieser Diskussion von Preis- und Kosten**relationen** sind ansteigende Preise für fossile Energieträger prinzipiell ein positives Signal für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Ein „Selbstläufer“ sind hohe Preise für konventionelle fossile Energieträger jedoch nicht, denn bei höheren Preisniveaus können höhere Kosten für die Erschließung und Produktion anderer fossiler Energieträger in Kauf genommen werden. Allein die Flankierung durch Klimaschutzaspekte bzw. -ziele führt in einem Hochpreisregime zu einer Kanalisierung der Investitionsströme weg von fossilen Energien u. a. in Richtung erneuerbarer Energien, aber auch hin zu Energieeffizienz und Suffizienz.

Für Investoren sind langfristige Kosten und Preise von größerer Bedeutung als kurzfristige Schwankungen. Ausschlaggebend sind hier die Erwartungen über diese Entwicklungen. Jedoch führen kurzfristige Preisanstiege und -schwankungen dazu, dass erneuerbare Energien von einer breiten Öffentlichkeit zunehmend positiver wahrgenommen werden. Verbunden mit dieser Entwicklung sind Schlagworte wie z. B. „Energiekosten von Erneuerbaren sind Null“. Dahingehend führen kurzfristige Preisschwankungen fossiler Energieträger zu einer zunehmend positiven Bewertung erneuerbarer Energien. Aus dieser Entwicklung lässt sich jedoch nicht direkt der verstärkte Einsatz Erneuerbarer-Energien-Technologien ableiten.

Ein relevanter Punkt bei der langfristigen Kosten- und Preisentwicklung ist die ökonomische Parität von REG-Technologien und konventionellen Technologien. Nach der ökonomischen Theorie sollten kostengleiche Technologien zu gleichen Anteilen bei der Energieversorgung zum Einsatz kommen. Hier spielen jedoch zahlreiche andere Faktoren eine Rolle, die außerhalb ökonomischer Ansätze liegen, aber zentrale Entscheidungsrelevanz haben. Anzusprechen ist hier z. B. die Erfahrung von Akteuren (Investoren) mit Technologien. Ein Investor, der in der Vergangenheit fossile Kraftwerke finanziert hat, wird auch weiterhin vorrangig in solche Kraftwerke investieren. Erst bei deutlich höherer Rendite wird er sein Investitionsfeld hin zu erneuerbaren Energien verlagern. Es kann aus dieser Sicht also davon ausgegangen werden, dass eine geringfügig höhere Rendite nicht zwangsläufig zu vermehrten Investitionen in REG-Technologien führen wird.

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Je höher die Preise für Energie steigen, desto attraktiver wird eine Investition in erneuerbare Energien auch an Standorten mit geringeren Ausbeuten. Daher vergrößern sich die nutzbaren – hier die wirtschaftlichen – Potentiale. Dies ist jedoch auch der Fall für alternative fossile und evtl. sogar nukleare Energieressourcen.

**Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Eine Aussage über die Entwicklung der Breite des REG-Erzeugungsmix ist nur im Ansatz möglich. Generell werden bei höheren Preis- und Kostenniveaus mehr REG-Technologien wettbewerbsfähig, allerdings stehen diese auch sehr stark mit sinkenden Kosten (über Lernkurven etc.) dieser Technologien in Verbindung. Bereits heute können Windkraftanlagen in bestimmten Regionen zu wettbewerbsfähigen Kosten Strom produzieren (atlantische Küste in Marokko u. a.). Generell ist zu erwarten, dass diejenigen Technologien einen stärkeren Ausbau erfahren werden, in denen höhere Renditen erzielt werden können (was u. a. ausgedrückt wird durch die Differenz von Produktionskosten und erzielbaren Preisen). Innerhalb der REG-Technologien werden diejenigen verstärkt zum Einsatz kommen, deren Kosten am stärksten gesenkt werden können unabhängig von der Entwicklung der Preise fossiler Energieträger.

#### **2.4.2 Cluster Technologiespezifische Faktoren**

**Umsetzungsgeschwindigkeit.** Entwicklungssprünge von Technologien im Bereich erneuerbarer Energien werden die Umsetzungsgeschwindigkeit erhöhen. Dahingehend ist prinzipiell bei REG-Technologien eine stärkere Dynamik zu erwarten als bei Technologien im konventionellen Bereich, und insofern sind REG bezüglich technologischer Weiterentwicklungen fossilen Energieträgern strukturell überlegen.

Die Steigerung der Übertragbarkeit (Transfereignung) kann prinzipiell die Geschwindigkeit der Technologieverbreitung erhöhen (bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen). Dies gilt für sämtliche Technologien. Während jedoch im konventionellen Kraftwerkbereich – Kraftwerke auf Basis von Erdgas, Kohle und Öl – die Technologien erprobt und an die Bedienbarkeit durch Betriebspersonal angepasst sind, verbleiben im Bereich von REG-Technologien große Optimierungspotentiale dahingehend, dass die derzeit noch komplexen Technologien auf bessere Transfereignung (einfachere Bedienbarkeit, Optimierung von O&M-Infrastrukturen, Ausfallsicherheit etc.) hin weiterentwickelt werden.

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Mit besserer Anpassung an gegebene Bedingungen vor Ort, gerade in Entwicklungsländern, steigen die nutzbaren Potentiale erneuerbarer Energien. Ein Beispiel ist die Windenergie in Iran: zwar gibt es große Potentiale gerade im Norden des Landes, jedoch konnten diese bisher nicht genutzt werden aufgrund fehlender Infrastrukturen. Da Windenergie eine erprobte Technologie ist, entstehen von Seite der Technologien selbst jedoch keine Potentialeinschränkungen. Die Potentiale von SHS (Solare Heimsysteme auf Basis von Photovoltaik) haben prinzipiell sehr große Einsatzpotentiale, aber aufgrund schlechter Batterien und unangepasster Bedienbarkeit in den vergangenen Jahren konnten diese Potentiale kaum erschlossen werden. Die wirtschaftlich nutzbaren Potentiale erhöhen sich durch eine Steigerung der Transfereignung jedoch nicht, ebenso nicht die natürlichen Potentiale.

Diese lassen sich erhöhen durch Technologiesprünge. Technologische Fortschritte führen oft zur Senkung von Kosten, womit auch Standorte mit geringeren Energie-

dichten (in Form niedrigerer Windgeschwindigkeiten oder geringerer Strahlung) genutzt werden können.

In zweifacher Hinsicht steigern Technologiesprünge und die Steigerung der Transferierung also die Potentiale: erstens sind durch geringere Kosten und bessere Bedienbarkeit mehr Verbraucher zu erreichen, die in Regionen mit ohnehin hohen REG-Potentiale leben. Zweitens sind generell schlechtere Standorte nutzbar.

**Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Der Erzeugungsmix Erneuerbarer-Energie-Technologien wird größer bei technologischen Durchbrüchen, allgemeinen Fortschritten sowie der Steigerung der Transferierung. Innerhalb einzelner Technologiesparten ist jedoch offen, ob sich eine einzige Technologie durchsetzen wird oder es bei einem relativ breiten Technologienmix bleibt. Beispiel PV: sollte sich eine Technologie aufgrund ihrer sehr einfachen Bedienbarkeit oder allgemeinen technologischen Überlegenheit (z. B. in Form geringer Kosten, einfacher Netzintegration...) stark durchsetzen, würden andere PV-Technologien immer stärker in den Hintergrund rücken und letztlich nur noch Nischenmärkte bedienen oder ganz vom Markt verschwinden.

### 2.4.3 Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger und Peak-Tendenzen

**Umsetzungsgeschwindigkeit.** Die Umsetzungsgeschwindigkeit der Nutzung erneuerbarer Energien wird mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit steigen, allerdings werden – preisunabhängig bei strukturellem Angebotsmaximum – andere Optionen ebenfalls genutzt. Dies hängt ab vom Verfügbarkeitsmaximum des jeweiligen Energieträgers. Peak Oil wird wohl im Bereich der Effizienz eine sehr starke Dynamik auslösen in Form der Entwicklung effizienterer Antriebe. Ebenso wird möglicherweise im Bereich der Elektromobilität eine starke Dynamik induziert. Abhängig von den weiteren Rahmenbedingungen werden hier entweder nukleare und erneuerbare Energieträger sowie die Kohle zum Einsatz kommen oder aber nur nukleare und erneuerbare (bei starken Klimaschutzvorgaben) oder nur erneuerbare Energieträger (bei zusätzlich ins Entscheidungskalkül einbezogenen Sicherheitsaspekten). Peak Gas wird, da Erdgas hauptsächlich im Wärmebereich eingesetzt wird, im Bereich erneuerbarer Energien sowie im Effizienzbereich eine starke Dynamik induzieren. Zunehmend wird auch ein Peak Nuclear diskutiert. Sollte dies tatsächlich in den kommenden zehn bis fünfzehn Jahren eintreffen, würden voraussichtlich sehr starke Wachstumsdynamiken im Bereich erneuerbarer Energien in Gang gesetzt, ebenso bei der Energieeffizienz, da unter Beibehaltung von Klimaschutzvorgaben keine andere Option verbleibt (CCS wird nach Einschätzung zahlreicher Experten erst ab 2030 im großmaßstäblichen Bereich einsetzbar sein).

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Da eine strukturelle Verfügbarkeitsgrenze bei fossilen Energieträgern den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien unverzichtbar macht, wären verstärkt auch diejenigen Potentiale zu nutzen, die unter heutigen Bedingungen unattraktiv sind, entweder aufgrund geringer Energiedichte (z. B. Regionen

mit niedrigen Windgeschwindigkeiten oder geringer Strahlung) oder aufgrund des schwierigen Zugangs (abgelegene Gebiete).

**Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Der Mix erneuerbarer Energien würde zwangsläufig breiter bei strukturellem Verfügbarkeitsmaximum fossiler Energieträger, da wenigstens kurz- bis mittelfristig sämtliche überhaupt nutzbaren Potentiale und Technologien genutzt werden müssten. Ähnliches gilt für die Konkurrenzoption Effizienz. Je nach Art des Verfügbarkeitsmaximums (Öl, Erdgas, Kohle, Uran) würden erneuerbare Energien in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Anteile zur Versorgung beitragen. Die Ausschöpfung von Energieeffizienz-Potentialen stünde mit erneuerbaren Energien teilweise in Konkurrenz.

Unter solch strukturellen Verfügbarkeitsmaxima müssten wenigstens kurzfristig wahrscheinlich auch ökologisch suboptimale REG-Potentiale genutzt werden.

#### **2.4.4 Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien**

**Umsetzungsgeschwindigkeit und Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Steigen große Unternehmen, vorrangig international tätige Konzerne, in den Markt für erneuerbare Energien ein, kann dies starke Effekte auf die Ausbaugeschwindigkeit erneuerbarer Energien haben. Wahrscheinlich steigt die Geschwindigkeit dann in den betroffenen REG-Industrien. Über die Gesamtheit aller REG-Technologien könnte die Umsetzungsgeschwindigkeit jedoch auch sinken, und zwar deshalb, weil eine Konzentration auf einige wenige Technologien stattfinden wird, die heute bereits nahe an der Wirtschaftlichkeit betrieben werden können. Dadurch könnte es zu einer Verminderung der Förderung anderer, bisher teurerer Technologien kommen.

Die heute bereits günstigen REG-Technologien werden dann weiter bevorzugt eingesetzt, wodurch zusätzliche Kostensenkungen resultieren. Dies kann zweierlei Effekte haben: Erstens wird die Kosten-Differenz zwischen verschiedenen REG-Technologien größer, wodurch die relativ teureren Technologien an Attraktivität verlieren. Zweitens könnten große Investitionen in eine bestimmte Technologie andere Lösungen verhindern, die möglicherweise der bevorzugten Technologie überlegen sein könnten, aber aufgrund ihres frühen Entwicklungsstadiums nicht konkurrenzfähig sind. Beide Effekte würden letztlich in einem Absinken der Breite des Erzeugungsmix resultieren und möglicherweise auch langfristig zur Verbreitung sub-optimaler (ressourcenineffizienter, ökologisch weniger freundlicher ...) Technologien beitragen.

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Über die Entwicklung der nutzbaren REG-Potentiale durch den Einstieg großer Konzerne in den Markt für erneuerbare Energien kann an dieser Stelle abschließend keine Aussage getroffen werden.

#### 2.4.5 Unfallereignisse im Energiesystem

**Umsetzungsgeschwindigkeit.** Ereignen sich schwere Unfälle beim Betrieb von Anlagen auf Basis fossiler oder nuklearer Energieträger, wird sich die Umsetzungsgeschwindigkeit der Nutzung erneuerbarer Energien deutlich erhöhen.

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Fallen bestimmte Erzeugungsoptionen weg, müssen andere Quellen umso stärker genutzt werden. Insofern würden sich die genutzten Potentiale erneuerbarer Energien erhöhen. Auch Standorte mit geringen Energiedichten wären dann von einer Nutzung nicht ausgeschlossen. Dies ist stark abhängig von der Tragweite eines Unfalls. Würden z. B. aufgrund eines Kernunfalls in Deutschland dauerhaft sämtliche Kernkraftwerke abgeschaltet, müssten in einer Übergangsphase auch sehr kostenintensive Potentiale genutzt werden, da dann im Zentrum des Interesses stünde, überhaupt (volks)wirtschaftliche Abläufe weiterhin aufrechtzuerhalten. Einen bedeutenden Einfluss auf diese Potentiale nimmt die Ausschöpfung von Effizienzpotentialen.

In einem solch drastischen Fall müssten darüber hinaus Notfallpläne für die Energieversorgung in Kraft treten, um kurzfristig großflächige Versorgungsunterbrechungen zu verhindern. Entsprechende Notfallpläne – sofern in Deutschland überhaupt vorhanden – beinhalten bisher keine Versorgungsanteile erneuerbarer Energien, z. B. über die Bevorratung von Biomasse etc.

**Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Der Erzeugungsmix würde sich mit großer Wahrscheinlichkeit verbreitern, da größere Mengen an erneuerbaren Energien genutzt werden müssten.

#### 2.4.6 Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen

**Umsetzungsgeschwindigkeit.** Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien würde sich verlangsamen und an die Geschwindigkeit des Netzausbaus annähern bzw. anpassen. Damit würde die Dynamik des Erneuerbaren-Ausbaus vom externen Faktor Netzausbau bestimmt. Die Umsetzungsgeschwindigkeit könnte längerfristig auch vom „Vertrauensverlust“ gegenüber erneuerbarer Energien beeinflusst werden, wenn sie tatsächlich die Netzstabilität gefährden würden.

**Potentiale erneuerbarer Energien.** Die absoluten natürlichen und wirtschaftlichen Potentiale erneuerbarer Energien würden sich nicht verändern. Allerdings wären die *im Zeitverlauf nutzbaren* Potentiale deutlich geringer. Damit würden die nutzbaren Potentiale sinken.

**Entwicklung des REG-Erzeugungsmix.** Der Erzeugungsmix würde deutlich schmaler, da erneuerbare Energien viel stärker nach Netzverträglichkeit ausgewählt werden müssten. Auswahlkriterien könnte u. a. die Regelbarkeit und die Grundlastfähigkeit sein.

## 2.5 Bezug der Faktoren und Cluster zu den Politikzielen

Nach der Analyse von Politikzielen und einzelnen Einflussfaktoren erfolgt nun die Queranalyse von Faktoren und Politikzielen sowie der hieraus resultierende Einfluss auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Konkret wird analysiert,

- in welcher Weise ein Faktor auf ein Politikziel wirkt und
- ob dieser Faktor über seine Wirkung auf das Politikziel die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien bewirkt

Dadurch kann festgestellt werden, in wie weit sich verändernde Rahmenbedingungen – Einflussfaktoren – in bestimmte Politikdiskurse aufgenommen werden müssen, um die Vorteile der Nutzung erneuerbarer Energien weiter argumentativ in diese Diskurse einzubringen. Es wird damit die Frage beantwortet, über welche Politikziele die Förderung von REG mit bestimmten äußeren Faktoren (z. B. ein Unfall in einer kerntechnischen Anlage) argumentativ verknüpft werden kann. Beispielsweise wird gefragt, in welcher Weise Faktoren wie langfristige steigende bzw. hohe Preise auf das Politikziel Gewährleistung von Energiesicherheit wirken.

In der Analyse werden die Bezüge herausgearbeitet, die zu einer entsprechenden positiven oder negativen Wirkung auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien führen. Für die Politikakteure sind diese komplexen Wechselwirkungsanalysen noch neu, d. h. dass sich diese Bezüge oftmals noch nicht in den Handlungsmaximen politischer Entscheider niedergeschlagen haben und daher auch noch keine konkrete Wirkung entfalten konnten. Trotzdem wurde grammatisch der Indikativ verwendet wegen der besseren Lesbarkeit des Textes. Tab. 2-4 gibt eine erste Übersicht.

Tab. 2-4. Wirkungsrichtung von Faktoren (1. Spalte) auf die Erreichung von Politikzielen

+: Faktor wirkt positiv auf Erreichung bzw. Gewährleistung des Politikziels  
 -: Faktor wirkt sich negativ auf die Erreichung bzw. Gewährleistung des Politikziels aus  
 0: Faktor wirkt sich nicht auf die Erreichung bzw. Gewährleistung des Politikziels aus ODER Faktor ist derzeit nicht bewertbar  
 Grün: REG wirken positiv auf die Erreichung des PZ als „Gegengewicht“ zu den Wirkungen der Faktoren.

	Energiesicherheit	Regionale Wertschöpfung	Geschlechtergerechtigkeit	Armut, ländl. Entwicklung	Innovationen / Unternehmensgründungen	Umwelt- u. Klimaschutz	Erweiterte Sicherheit	Arbeitsplätze	Industriepotentiale, Exportmärkte	Globale Impulse
Cluster Ökonomie, fossile Energien	0	+	-	-	+	+	-	-	+	+
Cluster Ökonomie, Lernkurven	EL: + IL: 0	+	+	+	+, 0	+	+	+, -	+, 0	+, 0
Cluster Technologie	+	+, 0, -	+	+	+, 0	+	+	+, -	+	
Begrenzte Verfügbarkeit	-	+	-	-	+	+, -	-	-	+	+
Einstieg Unternehmen	+, 0, -	tend. -	0	0	+, 0, -	0	0	0	0	0
Unfälle	-	0	0	0	0	-	-	-	0	+
Gefährdg Netzstabilität	-	0	0	0	+	0	0	0	0	0

### 2.5.1 Gewährleistung von Energiesicherheit

Der Analyseschwerpunkt liegt auf Deutschland als großem Industrieland. Teilweise wird jedoch auch auf den Kontext von Entwicklungsländern eingegangen.

#### **Ökonomische Faktoren, Ökonomie-Cluster**

**Langfristig steigende bzw. hohe Preise** für fossile Energieträger führen nicht zwangsläufig zu einer Gefährdung der Energiesicherheit in Industrieländern. Eine Gefährdung hängt vielmehr davon ab, ob und inwieweit sich verändernde Preisregimes in der Vorausschau erkannt und im politischen Handeln durch strukturelle Eingriffe so dann vorweggenommen werden. Derzeit sind solche langfristigen Handlungsansätze als generelle Reaktion auf hohe Preise in Industrieländern nur vereinzelt sichtbar.

**Kurzfristig stark schwankende Preise** – hohe Volatilitäten – stellen ebenfalls keine direkte Gefährdung der Energiesicherheit dar.

In Entwicklungsländern hingegen sind Regimes hoher Preise sowohl kurz- als auch langfristig problematisch für die Aufrechterhaltung von Energiesicherheit. Die starken Preisschwankungen der vergangenen Jahre führten in verschiedenen Entwicklungsländern dazu, dass die Gelder der Entwicklungszusammenarbeit primär für die gestiegenen Kosten von Energieimporten eingesetzt werden mussten.

**Sinkende Kosten für Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien** wirken zumindest in Entwicklungsländern positiv auf die Gewährleistung von Energiesicherheit. Da in Industrieländern bisher kaum Ansätze zum Umgang mit langfristig steigenden Kosten vorhanden sind, kann die Energiesicherheit im Sinne einer Ausfallstrategie gegen unvorhergesehene Preisanstiege erhöht werden. Entscheidend ist hierfür, wann entsprechende Strategien entwickelt und umgesetzt werden. Unter den jetzigen Bedingungen wirken in Entwicklungsländern alle Optionen, die entweder zu sinkenden Preisen/Kosten führen oder langfristig eine vorhersehbare Kosten-/Preisentwicklung erlauben, positiv auf die Erreichung des Politikziels Energiesicherheit.

**Fazit und Folgerung.** Ökonomische Faktoren: Steigende Preise und Kosten können die Energiesicherheit tendenziell vermindern. Daher müssen entsprechende Strategien entwickelt werden. Da erneuerbare Energien eine deutlich höhere Sicherheit in der Abschätzung mittel- und langfristiger Kostenentwicklungen zeigen, sollten erneuerbare Energien als zentraler Baustein für die weitere Gewährleistung von Energiesicherheit in nationalen Strategieplanungen berücksichtigt werden.

#### **Technologie-Cluster**

Die Verbesserung der Anwendbarkeit von Technologien sowie Technologiesprünge steigern prinzipiell die Energiesicherheit, da sich die Bandbreite an nutzbaren Optionen erweitert. Energiesicherheit wird in dieser Argumentation also über stärkere Diversifizierung des Angebotsportfolios gewährleistet.

**Fazit und Folgerung.** Durch ihr hohes technisches Entwicklungspotential können REG positiv auf die Gewährleistung von Energiesicherheit wirken.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Die bisher unzureichend vorangetriebene strukturelle Vorbereitung auf ein mögliches Peak Oil – stellvertretend für andere zu erwartende Peaks für Erdgas, Kernbrennstoffe und Kohle – wird die Energiesicherheit auf nationaler wie globaler Ebene drastisch senken. Alternativen können rein strukturell nur aus den Bereichen Energieeffizienz, Suffizienz und erneuerbare Energien kommen. Notfallmaßnahmen, wie sie teils von der IEA in Studien zur Diskussion gestellt wurden, sind für Peak-Entwicklungen keine adäquate Strategie, da sie nur als kurzfristige Maßnahmenbündel eingesetzt werden können.

**Fazit und Folgerung.** Peak-Tendenzen gefährden die Energiesicherheit, REG können als Ausgleichsstrategie große Wirkung entfalten. Daher wirken Peaks im Bereich fossiler Energieträger über das Politikziel Gewährleistung von Energiesicherheit positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Die Auswirkungen des Einstiegs großer Unternehmen in REG-Märkte auf die Politikziele können derzeit nicht zuverlässig abgeschätzt werden. Positiv könnten solche Engagements auf die Gewährleistung von Energiesicherheit wirken, da der dadurch mögliche schnellere Ausbau von REG zu rascheren Kostensenkungen führt (siehe oben) und die nutzbaren Potentiale erneuerbarer Energien vergrößert werden. Negativ könnte sich jedoch die Dominanz weniger Akteure auf REG-Märkten auswirken. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW) senken die Energiesicherheit drastisch über verschiedene Pfade, hier kurz angesprochen für das Beispiel eines kerntechnischen Unfalls in einem deutschen AKW: Erstens fielen die Erzeugungsleistung des betroffenen Kraftwerks aus; zweitens würden als Vorsichtsmaßnahme möglicherweise andere Anlagen des selben Kraftwerktyps vom Netz genommen, wodurch in sehr kurzer Zeit eine große Menge an Ersatzleistung zur Verfügung gestellt werden müsste. Drittens wären durch austretende Strahlung auch andere Infrastrukturen betroffen. Viertens würde die Akzeptanz von Kernkraft in der Bevölkerung weiter sinken, sodass die Option Kernkraft zur Stromerzeugung noch stärker unter öffentlichen Druck geriete und auf einen Kernkraftausstieg noch stärker gedrängt würde.

Diese Unsicherheitsfaktoren verleihen der Gewährleistung von Energiesicherheit generell einen nur vorläufigen Charakter. Die alternative Entwicklung von Technologien mit

inhärent geringerem Risikopotential ist damit ein Beitrag zur Gestaltung robuster Energiesicherheit.

**Fazit und Folgerung.** Mögliche Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energien senken die Energiesicherheit drastisch. Daher wirken Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energien über das Politikziel Gewährleistung von Energiesicherheit positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, denn die Nutzung erneuerbarer Energien ist eine inhärent risikoärmere Option.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Die akute Gefährdung der Netzstabilität senkt die Energiesicherheit. In diesem Fall könnten REG weniger rasch in das deutsche Stromsystem integriert werden. Aus Sicht der Gewährleistung von Energiesicherheit müsste die Nutzung von REG daher eingeschränkt werden bzw. dürfte erst dann erfolgen, wenn entsprechende Netzanspassungen vorgenommen wurden.

## **2.5.2 Regionale Wertschöpfung**

### **Ökonomische Faktoren, Ökonomie-Cluster**

Steigende Preise für fossile Energieträger wirken in einem Land, das selbst nur noch wenig fossile Energien fördert, positiv auf die Steigerung von regionaler Wertschöpfung. Denn je höher Preise für importierte Energie sind, desto stärker werden heimisch nutzbare Alternativen diskutiert, sowohl auf politischer wie auch auf der Ebene der konkreten Umsetzung bzw. Nutzung. Diese Entwicklung wurde sichtbar in den Hochpreisphasen für Erdöl der vergangenen Jahre. Verschieben sich die Kosten- bzw. Preisdifferenzen zwischen importierten und heimischen Energien (auch unter Einbezug entsprechender Technologien) also in die Richtung, dass heimische Energiequellen relativ günstiger werden, wirkt dies auf die Erreichung des PZ Regionale Wertschöpfung positiv. Insofern unterstützen hohe Preise importierter fossiler Energieträger sowie die Senkung der Kosten regional nutzbarer Technologien die Stärkung des PZ Regionale Wertschöpfung.

**Fazit und Folgerung.** Ein Charakteristikum erneuerbarer Energien ist deren kleinskalige und damit lokale und regionale Nutzbarkeit. Steigende Preise fossiler Energien wirken daher über das Politikziel Regionale Wertschöpfung positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Technologiespezifischer Cluster**

Rasche technologische Fortschritte und die Steigerung der Anwendbarkeit und Beherrschbarkeit wirken über die Senkung von Kosten und damit die Verringerung des Preisdifferentials zwischen heimischer REG-Nutzung und importierten fossilen Energieträgern positiv auf das Politikziel Regionale Wertschöpfung. Allerdings ist die technologische Weiterentwicklung differenziert zu betrachten: zwar können auf der Seite der erweiterten Nutzarmachung von REG-Potentialen durch fortgeschrittene oder

neue Technologien positive Effekte entstehen und den Ausbau von REG – damit auch die regionale Wertschöpfung – auf der Seite der Nutzung von Potentialen (Umsetzungsebene) fördern. Allerdings könnte sich technologischer Fortschritt teilweise auch negativ auswirken. So könnte ein Projekt wie DESERTEC zur Nutzung von Solarenergie im südlichen Mittelmeerraum die heimische Wertschöpfung in Deutschland verringern. Solche gegenläufig wirkenden Entwicklungen wurden bisher jedoch noch nicht untersucht, eine abschließende Aussage ist daher nicht möglich.

**Fazit und Folgerung.** Es kann keine abschließende Aussage darüber getroffen werden, ob technologische Weiterentwicklung über das Politikziel Regionale Wertschöpfung positiv oder negativ auf den Ausbau der Nutzung von REG wirkt. Hier besteht Bedarf an Grundlagenforschung.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Strukturelle Verfügbarkeitsgrenzen auf globaler Basis wirken in einem Land, das sehr stark auf Energieimporte angewiesen ist, positiv auf die Nutzbarmachung heimischer Potentiale. Im deutschen Kontext ist hier nur die weitere Erschließung erneuerbarer Energien eine gangbare Option, da die Wiederaufnahme der Steinkohleproduktion sowie die Erweiterung des Braunkohleabbaus auf massiven Widerstand in weiten Teilen der Bevölkerung stoßen würde, wie dies bereits heute zu beobachten ist.

**Fazit und Folgerung.** Globale Verfügbarkeitsmaxima fossiler oder nukleare Energieträger wirken über das Politikziel Regionale Wertschöpfung positiv auf den Ausbau von REG in Deutschland.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Es kann bisher keine Einschätzung darüber getroffen werden, wie sich der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte auf die regionale Wertschöpfung in Deutschland auswirken würde. Möglicherweise wären die Auswirkungen eher negativ, da große Unternehmen dazu tendieren, Großtechnologien zu nutzen, und regionale Wertschöpfung auf der Seite der Potentialnutzung auf dem kleinskaligen Einsatz von Technologien basiert. Positiv auf regionale Wertschöpfung könnten sich große Unternehmen auswirken durch den Aufbau von Fertigungskapazitäten, wodurch Arbeitsplätze und Gewerbesteuererinnahmen für Kommunen entstünden.

**Fazit und Folgerung.** Es kann bisher keine Aussage darüber getroffen werden, ob der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte über das Politikziel Regionale Wertschöpfung eher positiv oder negativ auf den Ausbau der Nutzung von REG wirkt. Hier besteht Forschungsbedarf.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW) sind bei zentralen, großen Einheiten relevant. Eine direkte

Wirkung auf regionale Wertschöpfung ist nicht zu erwarten, da es sich hierbei um den entgegengesetzten Ansatz handelt.

**Fazit und Folgerung.** Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW) wirken sich nicht direkt auf regionale Wertschöpfung aus und wirken damit über dieses Politikziel auch nicht auf den Ausbau von REG.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Die Auswirkungen sinkender Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien können im Hinblick auf die Erreichung des Politikziels Regionale Wertschöpfung nicht bewertet werden.

## **2.5.3 Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung**

### **Ökonomische Faktoren, Ökonomie-Cluster**

Hohe Preise wirken direkt negativ auf die Erreichung des Politikziels Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung. Entsprechend wirken sinkende Kosten erneuerbarer Energien positiv. Auf diesen Zusammenhang wurde im Rahmen von regionaler Wertschöpfung in Kap. 2.5.2 eingegangen.

**Fazit und Folgerung.** Steigende Kosten und Preise fossiler Energien und sinkende Kosten/Preise erneuerbarer Energien wirken über das Politikziel Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Technologiespezifischer Cluster**

Technologiesprünge und die Verbesserung der Transfereignung sowie die Entwicklung angepasster Technologien fördern die Erreichung des Politikziels, vor allem den Aspekt der ländlichen Entwicklung und ist stark getrieben von sinkenden Kosten neuer Technologien. Die Steigerung der Transfereignung kann die Durchdringung von Nachfragestrukturen deutlich erhöhen und somit positiv auf den Einsatz erneuerbarer Energien wirken.

**Fazit und Folgerung.** Die Steigerung der Transfereignung sowie damit in Verbindung stehende Faktoren und die Realisierung von Technologiesprüngen wirken über die positive Beeinflussung des Politikziels Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Gesteuert vom freien Handel mit Energieträgern wirken strukturelle Verfügbarkeitsgrenzen negativ auf die Erreichung des Politikziels. Denn die dauerhaft über dem Angebot liegende Nachfrage führt zu steigenden Preisen, die dann vorrangig nur noch von Akteuren in Industrieländern aufgebracht werden können. Entwicklungsländer werden dann absolut zu wenig fossile Energieträger zur Verfügung haben. Mangelnde Versorgung führt jedoch zum Anstieg von Armut, ländliche Entwicklung kommt unter

diesen Bedingungen zum Stocken oder sogar zum Stillstand. Erneuerbare Energien hingegen können durch ihre tendenzielle Unbegrenztheit und die absehbare Verbilligung von Technologien als Gegenstrategie betrachtet werden.

**Fazit und Folgerung.** Peak-Tendenzen führen zu einer Steigerung von Armut und zur Behinderung von ländlicher Entwicklung. Alternative Strategien werden somit notwendig, um diese negativen Effekte zu kompensieren. Ein zentrales Element solcher Alternativstrategien ist der Einsatz erneuerbarer Energien. Daher wirkt die strukturelle Verfügbarkeitstgrenze fossiler Energieträger über dessen negative Wirkung auf das Politikziel Armutsreduzierung und ländliche Entwicklung zu einer Förderung erneuerbarer Energien.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte könnte sich einerseits negativ auf Armutsreduzierung und ländliche Entwicklung auswirken, da sie eher großmaßstäbliche REG-Technologien fördern, wodurch deren Kosten sinken würden und sich die Kostendifferenzen zwischen groß- und kleinskaligen REG-Technologien vergrößern, kleinskalige Optionen damit an Attraktivität verlieren. Andererseits könnten die Kosten und Preise auch für kleinskalige Anwendungen sinken, sofern Konzerne z. B. in die Produktion von PV-Modulen investieren, die eine zentrale Versorgungsoption in ländlichen Gebieten darstellt. Eine abschließende Bewertung kann nicht vorgenommen werden.

**Fazit und Folgerung.** Die Auswirkung des Faktors Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte auf den Ausbau erneuerbarer Energien über das Politikziel Armutsreduzierung und ländliche Entwicklung kann bisher nicht ausreichend bewertet werden. Zu diesem Aspekt besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieumwandlung haben eine eher geringe bis gar keine Wirkung auf das Politikziel. Lediglich im Bereich der Armutsbekämpfung ist vorstellbar, dass durch eine Unterbrechung der Energieversorgung in nicht-ländlichen Bereichen kurzfristig negative Effekte entstehen; eine langfristige Wirkung erscheint wenig wahrscheinlich.

**Fazit und Folgerung.** Der Faktor Unfälle wirkt sich über das Politikziel Armutsreduzierung und ländliche Entwicklung voraussichtlich nicht auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Der Faktor Netzstabilität hat keine Bedeutung für ländliche Entwicklung, da er nur relevant in zentralen, vernetzten Energiesystemen ist. Ländliche Entwicklung hingegen stellt gerade eine alternative Option hierzu dar. In nicht-ländlichen Bereichen könnte

Netzstabilität eine Rolle spielen, allerdings ist den Autoren bisher kein direkter Zusammenhang zwischen diesen beiden Aspekten bekannt.

**Fazit und Folgerung.** Der Faktor Netzstabilität wirkt sich über das Politikziel Armutsreduzierung und ländliche Entwicklung voraussichtlich nicht auf den Ausbau erneuerbarer Energien aus.

#### 2.5.4 Geschlechtergerechtigkeit im Süden

##### Ökonomische Faktoren, Ökonomie-Cluster

Je teurer moderne Energie wird, desto attraktiver werden wieder traditionelle Energieträger. Geschlechtergerechtigkeit ist jedoch sehr stark mit der Nutzung dieser unterschiedlichen Energietypen verbunden, wie bereits dargestellt wurde. Daher wirkt der Anstieg von Preisen fossiler Energieträger negativ auf die Erreichung des Politikziels Geschlechtergerechtigkeit im Süden. Demgegenüber bewirken Kostensenkungen von REG-Technologien den entgegengesetzten Effekt.

Je größer das „Aufwandsdifferential“ zwischen fossilen Energieträgern (hohe Preise) und traditionellen Energien (hoher Beschaffungsaufwand z. B. bei Feuerholz) wird, desto negativer ist die Wirkung hoher Energiepreise auf das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit. Dieses Verhältnis lässt sich auch beschreiben als die Erschwinglichkeit bzw. Bezahlbarkeit fossiler Energieträger einerseits und dem als leistbar betrachteten Aufwand, um traditionelle Alternativen (Feuerholz etc.) zu beschaffen.

Je größer jedoch das Preisdifferential zwischen fossilen und regenerativen Energien bzw. den Technologien zu deren Nutzung ist, desto stärker wirken REG positiv auf das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit.

**Fazit und Folgerung.** Da sich steigende Preise fossiler Energieträger negativ auf Geschlechtergerechtigkeit auswirken, moderne erneuerbare Energien bzw. Technologien zu deren Nutzung hingegen positiv, sind eben hohe Öl- und Gaspreise über dieses Politikziel eine Förderfaktor für REG.

##### Technologiespezifischer Cluster

Die Entwicklung von Technologien und Technologiesprünge wirken sich positiv auf die Erreichung des Politikziels aus, weil sich Technologien hierdurch oft verbilligen und sich das Kostendifferential zwischen fossilen und erneuerbaren Energien verkleinert.

##### Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse

Knappe fossile Energieträger wirken sich negativ auf das Politikziel aus, da als Alternativen in erster Linie auf traditionelle Energieträger ausgewichen werden muss, die mit ein Grund von Geschlechterungerechtigkeit sind. Die Wirkungsstrukturen sind vergleichbar mit den Strukturen bzgl. des Politikziels Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung.

**Fazit und Folgerung.** Peaktendenzen wirken negativ auf das Politikziel Geschlechtergerechtigkeit im Süden und dadurch entweder negativ (bei verstärkter Nutzung von traditioneller Biomasse) oder positiv auf die verstärkte Nutzung moderner erneuerbarer Energien, da diese in der Lage sind, die negativen Folgen von Peaktendenzen aufzuheben.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Die Auswirkungen des Einstiegs großer Unternehmen in REG-Märkte auf das Politikziel sind vergleichbar mit den Wirkungen auf das Politikziel Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Hierüber kann derzeit keine Bewertung vorgenommen werden.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Hierüber kann derzeit keine Bewertung vorgenommen werden.

## **2.5.5 Innovationen und Unternehmensgründungen**

### **Ökonomische und technologische Faktoren (Ökonomie- und Technologie-Cluster)**

Hohe Preise für fossile und nukleare Energieträger verstärken den Suchprozess nach kostengünstigeren Alternativen. Solche Suchprozesse verlaufen oft in Form einer Vielzahl an Neugründungen von Unternehmen, die erst in kleinen Nischenmärkten Lösungen anbieten und bei Erfolg sukzessive weitere Marktteile erschließen.

Kostendegressionen über Lern- und Innovationskurven hingegen sind durch Innovationen selbst getrieben. Ob solche Lernkurven zu weiteren Innovationen – also z. B. zu Technologiesprüngen! – und in der Folge auch zu Unternehmensgründungen führen, hängt von der Reife der Lernkurve (Innovationskette) ab: Am Anfang der Innovationskette besteht noch ein hoher Anreiz, in die Entwicklung anderer Technologien Know-How und Finanzmittel zu investieren. Entsprechend dynamisch entwickelt sich der Bereich Unternehmensgründungen. Steht eine Technologie am Ende der Innovationskette, ist der Innovationsanreiz prinzipiell geringer und damit auch die zu erwartende Dynamik der Unternehmensgründungen. Dies gilt nur unter sonst fixen Rahmenbedingungen. Denn in der obigen Argumentation hätte die hohe Technologiereife im Bereich fossil befeuerter Anlagen für die Stromproduktion nicht zu einem Innovationssprung bei REG-Technologien geführt. Doch die Rahmenbedingungen änderten sich in den **vergangenen Jahrzehnten drastisch, vor allem durch den globalen Klimawandel.**

**Fazit und Folgerung.** Die genannten ökonomischen und technologischen Faktoren führen in vielen Bereichen zu einer Steigerung von Innovationen und Unternehmensgründungen. Bei Kostendegressionen/Lernkurven hängt dies jedoch davon ab, in wel-

chem Bereich der Lernkurve eine Technologie sich befindet. Technologische Neuentwicklungen können daher sowohl positiv als auch neutral auf das Politikziel wirken und über dieses Ziel positiv oder neutral auf die Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Strukturelle Verfügbarkeitsgrenzen bei fossilen und nuklearen Energieträgern erzeugen Druck auf die Suche nach Innovationen. Die Situation ist generell vergleichbar mit der Situation im Bereich des ökonomischen Clusters.

**Fazit und Folgerung.** Peak-Tendenzen wirken sich positiv auf Innovationssuche und damit indirekt auf Unternehmensgründungen aus. In dieser positiven Wirkung beeinflusst dieser Faktor über das Politikziel Innovationen und Unternehmensgründungen auch den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, da globale Peaks eine starke Substitution aus der Richtung erneuerbarer Energien erfordern.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Der massive Einstieg großer Unternehmen kann einerseits aufgrund entstehender monopol- oder oligopolähnliche Marktstrukturen negativ auf Innovationen und Unternehmensgründungen wirken. Damit wäre der Einfluss des Faktors auf das Politikziel negativ. Andererseits sind in zahlreichen Bereichen hohe Investitionen notwendig, die möglicherweise nur von großen Akteuren geleistet werden können, die ihrerseits aber Unternehmensgründungen nach sich zögen. Blieben diese Investitionen aus, würden auch im Gefolge keine Impulse bei Innovationen und Unternehmensgründungen gesetzt. Dies ist z. B. bei Elektromobilität auf Basis erneuerbarer Energien sichtbar.

**Fazit und Folgerung.** Der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte kann sich positiv, negativ oder überhaupt nicht auf die Erreichung des Politikziels Innovationen und Unternehmensgründungen auswirken. Entsprechend ist die Wirkung des Faktors auf REG über das Politikziel unklar. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger senken die Erreichbarkeit des Politikziels nicht direkt. Indirekt erzeugen sie jedoch den Druck, durch Innovationen Alternativen zu entwickeln.

**Fazit und Folgerung.** Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger wirken über das Politikziel Innovationen und Unternehmensgründungen nur wenig auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Die Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien senkt die Erreichbarkeit des Politikziels nicht direkt. Indirekt erzeugt eine solche Gefährdung jedoch Druck, durch Innovationen Alternativen zu entwickeln.

**Fazit und Folgerung.** Eine Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien wirkt über das Politikziel Innovationen und Unternehmensgründungen negativ auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Zwar würden neue Unternehmen entstehen, der gebremste Ausbau erneuerbarer Energien hätte jedoch möglicherweise stärker negative Auswirkungen.

## 2.5.6 Umwelt- und Klimaschutz

### Ökonomische Faktoren, Ökonomie-Cluster

Die geringe Preiselastizität fossiler Energieträger in den letzten Jahren hoher Ölpreise/Energiepreise hat das Politikziel Umwelt- und Klimaschutz nur gering beeinflusst: Hohe Preise haben nur zu einem geringfügig geringeren Energieverbrauch geführt, und auch nur dort, wo der Verzicht auf Energie von einem hohen Verbrauchsniveau aus ohne signifikante Einbußen möglich war. Global wuchs der absolute Energieverbrauch weiter. Entsprechend ist die Lenkungswirkung von hohen Preisen eher gering. Erst drastisch höhere Preise und sehr große kurzfristige Preissprünge entfalten mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Lenkungswirkung hin zu mehr Umwelt- und Klimaschutz durch Verbrauchsverzicht und andere Optionen.

Sinkende Kosten und Preise von REG-Technologien wirken zwar direkt auf das Politikziel Umwelt- und Klimaschutz, das primäre Ziel ist jedoch die kostengünstigere Bereitstellung von Energie. Insofern ist die Erreichung des Politikziels ein – wenn auch sehr wichtiger – „Nebeneffekt“. Dies steht auch im Einklang mit den Untersuchungsergebnissen des vorliegenden Projekts.

Diese Tendenzen sind übertragbar auf die technologiespezifischen Faktoren, da Übertragbarkeit, Anpassung und Technologiesprünge in enger Beziehung zu den ökonomischen Faktoren stehen. Im Vordergrund stehen bei der Technologieentwicklung oft ökonomische, weniger explizit Klima- und Umweltschutzgründe.

**Fazit und Folgerung.** Hohe Preise und Kosten fossiler und nuklearer Energieträger wirken nur begrenzt auf die Erreichung des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz, wohingegen Preisschocks eher eine Wirkung entfalten. Sinkende Technologiekosten und technologische Weiter- und Neuentwicklungen hingegen wirken positiv auf Umwelt- und Klimaschutz. Über das Politikziel Umwelt- und Klimaschutz haben die dargestellten ökonomischen und technologischen Faktoren damit eine positive Wirkung auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, obwohl meist andere Motivationen bei diesen Faktoren im Vordergrund stehen. Damit relativieren sich Umwelt- und Klimaschutz als die zentralen Treiber für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse

Das Politikziel Umwelt- und Klimaschutz wird direkt von strukturellen Produktionsobergrenzen fossiler und nuklearer Energieträger beeinflusst. Unklar ist jedoch, in welcher Weise. Kommen durch einen Peak bei konventionellem Erdöl emissions- und umweltintensivere Alternativen zum Einsatz, wird die Erreichung des Politikziel negativ beein-

flusst, also gebremst. Werden als Alternativen hingegen erneuerbare Energien und Energieeffizienz genutzt, wird die Erreichung des Politikziels positiv beeinflusst.

**Fazit und Folgerung.** Es kann keine Aussage darüber gemacht werden, ob Peak-Tendenzen in Summe eher positiv oder eher negativ auf die Erreichung des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz wirken. Daher kann auch keine Aussage darüber gemacht werden, ob Peaks über dieses Politikziel eher positiv oder negativ auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wirken. Über diese Substitutionsdynamiken – unter welchen Voraussetzungen kommen bestimmte Substitute für Erdöl oder Erdgas zum Einsatz? – besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

#### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Dieser Faktor hat keine direkte Wirkung auf die Erreichung des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz.

#### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger werden fast ausschließlich für Technologielinien diskutiert, die gemeinhin auch als Klimaschutztechnologien bezeichnet werden. Daher führen Unfälle zu einer geringeren Erreichbarkeit des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz. Die Folge wäre, dass andere Optionen zur Zielerreichung – erneuerbare Energien, Energieeffizienz – stärker ausgebaut werden müssen.

**Fazit und Folgerung.** Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger wirken sich über das Politikziel Umwelt- und Klimaschutz positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien aus.

#### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Dieser Faktor hat keine direkte Wirkung auf Umwelt- und Klimaschutz. Er kann dessen Erreichung aber erschweren.

**Fazit und Folgerung.** Der Faktor Gefährdung der Netzstabilität ist als eher neutral hinsichtlich der Erreichung des Politikziels Umwelt- und Klimaschutz zu bewerten. Daher ist sein Einfluss auf REG über dieses spezifische Politikziel gering.

### **2.5.7 Erweiterte Sicherheit für Deutschland**

#### **Ökonomische und technologische Faktoren (Ökonomie- und Technologie-Cluster)**

Unvorhersehbar und abrupt steigende Preise tragen inhärentes Destabilisierungspotential. Dahingehend könnten langfristig steigende Preise negative Effekte im Bereich Sicherheit haben. Auf der Seite des Energieangebots ist dieser Effekt deutlich: langfristig hohe Preise erlauben die Abschöpfung hoher Renten. Dies befördert die Entstehung regionaler Konflikte um den Zugang zu diesen Renten, woraus politische Destabilisierung folgt. Das BMU hat diesem Themenkomplex bereits Aufmerksamkeit ge-

widmet durch die Vergabe von Forschungsvorhaben zur sicherheitspolitischen Bedeutung erneuerbarer Energien.

Während hohe Preise fossiler Energieträger Destabilisierungspotential bergen, können Technologien, deren Energiebasis prinzipiell kostenfrei ist, zu einer Entschärfung von Konflikten beitragen. Allerdings ist die empirische wissenschaftliche Basis für diesen Zusammenhang bisher schwach.

**Fazit und Folgerung.** Hohe Preise fossiler Energieträger können negativ, kostengünstige Technologien positiv auf die Gewährleistung von Sicherheit wirken. Damit wirken diese Faktoren-Cluster über das Politikziel Sicherheit positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Strukturelle Knappheiten der Versorgung mit fossilen Energieträgern wirken stark destabilisierend und gefährden globale, regionale und nationale Sicherheitsgefüge vor allem dann, wenn solche Knappheiten überraschend eintreten. Bisher gibt es in der internationalen Staatengemeinschaft keine Ansätze, im Sinne einer Krisenvorsorge Peak Oil und andere Knappheitsentwicklungen fossiler und nuklearer Energieträger durch langfristige Gesamtstrategien vorwegzunehmen. Insofern ist nicht zu erwarten, dass der globale Öl-Peak keine Beeinträchtigung der internationalen Sicherheit nach sich ziehen wird.

**Fazit und Folgerung.** Peak-Tendenzen wirken negativ auf das Politikziel Erweiterte Sicherheit für Deutschland. Sie wirken damit positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, da erneuerbare Energien zur Konfliktvorsorge bzw. –minderung eingesetzt werden könnten. Dieser Zusammenhang wird von politischen und militärischen Akteuren bisher aber nur oberflächlich diskutiert.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Die Wirkung dieses Faktors auf Sicherheit kann bisher nicht bewertet werden. Es besteht grundlegender Forschungsbedarf. Aus heutiger Sicht ist keine direkte Wirkung zu erwarten.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Die Verletzlichkeit von zentralen und mit Risikotechnologien ausgestatteten Energiesystemen stellt ein konstantes Gefährdungspotential dar. Unfälle können damit die Erreichung des Politikziels Sicherheit negativ beeinflussen. Ungeklärt ist jedoch, zu welchem Grad eine Sicherheitsgefährdung eintreten würde. Dies hängt unter anderem davon ab, in welchem Glied der Versorgungskette ein Unfall einträte. Ob Sicherheit eher auf deutscher Ebene bzw. auf deutschem Territorium oder international gefährdet wäre, hängt ebenfalls davon ab, wo genau ein Unfall sich ereignen würde. Derzeit ist es kaum vorstellbar, dass die nationale Sicherheit Deutschlands durch einen Unfall konkret gefährdet würde.

**Fazit und Folgerung.** Unfälle wirken negativ auf die Erreichung des Politikziels Erweiterte Sicherheit für Deutschland. Damit wirken sie über dieses Politikziel positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, da diese vergleichsweise ungefährlich sind und keine großflächige Gefährdung von weiteren Infrastrukturen und der Bevölkerung bewirken.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Die Gefährdung der Netzstabilität zieht in einer ersten Analyse keine direkte Gefährdung von Sicherheit nach sich, dies ist jedoch abhängig davon, wie stark diese Instabilitäten werden. Hierüber besteht grundlegender Forschungsbedarf.

### **2.5.8 Schaffung von Arbeitsplätzen**

#### **Ökonomische und technologische Faktoren (Ökonomie- und Technologie-Cluster)**

Die Wirkungszusammenhänge der Faktoren zum Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen sind vergleichbar mit den Zusammenhängen zum Politikziel Regionale Wertschöpfung. Hohe Preise fossiler Energieträger wirken hier nicht direkt auf das Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen, sondern über den „Umweg“ der steigenden Anreize für Alternativen: so schaffen hohe Ausgaben für importierte Energieträger politisch die Anreize, die heimische Energieindustrie stärker zu fördern. Gesamtwirtschaftlich können hohe Energiepreise jedoch negative Arbeitplatzeffekte haben, vor allem auch in energieintensiven Branchen.

Lernkurvenentwicklungen und technologische Sprünge können einen negativen Effekt auf die Schaffung von Arbeitsplätzen haben. So werden Lernkurven unter anderen dadurch erzeugt, dass Produktionsprozesse rationalisiert und dadurch oftmals weniger arbeitsplatzintensiv werden. Vergleichbar sind technologische Fortschritte. Erstrecken sich diese Fortschritte auf neue Produktionsprozesse, sind sie meistens weniger arbeitsplatzintensiv. Dies zeigt sich statistisch in der gestiegenen Arbeitsproduktivität über den gesamten Wirtschaftsprozess der vergangenen Jahrzehnte.

Technologische Fortschritte können jedoch den entgegengesetzten Effekt haben, also zur Schaffung von Arbeitsplätzen beitragen, wenn die nutzbaren Potentiale erneuerbarer Energien gesteigert werden und bei der Anwendung dieser Technologien Arbeitsplätze entstehen.

**Fazit und Folgerung.** Energiepreise und technologische Entwicklungen können sowohl positiv als auch negativ auf das Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen wirken. Eine direkte Bezugnahme auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien ist zwar möglich, jedoch von großen Unsicherheiten geprägt. Hier besteht erheblicher Forschungsbedarf.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Im Sinne stark steigender Preise wirken Produktionsmaxima fossiler und nuklearer Energieträger negativ auf die Schaffung von Arbeitsplätzen aufgrund der höheren Kostenbelastungen wirtschaftlicher Akteure. Strukturelle Knappheiten können dann aber dazu führen, dass arbeitsintensivere Energieoptionen genutzt werden. Zu diesen zählt u. a. die Nutzung erneuerbarer Energien. Über den Zusammenhang z. B. eines Peak Oil und der Schaffung von Arbeitsplätzen besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, der eng mit der Substitutionsforschung verbunden ist.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Der massive Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte kann sowohl positiven als auch negativen Einfluss auf die Schaffung von Arbeitsplätzen nehmen. Einerseits könnten durch die tendentielle Präferenz zentraler Energietechnologien weniger Arbeitsplätze entstehen (als in einem hier hypothetisch vorweggenommenen „Referenzpfad“), andererseits könnten Unternehmen durch ihre größeren Investitionsspielräume mehr Arbeitsplätze schaffen. Hierüber besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger führen einerseits zu einer Reduktion von Arbeitsplätzen im Bereich konventioneller Energien, andererseits zur Schaffung von Arbeitsplätzen in alternativen Industrien. Es ist nicht möglich, über die Größenordnung dieser Effekte Aussagen zu treffen. Dies müsste im Rahmen verschiedener konkreter Unfallszenarien eruiert werden.

**Fazit und Folgerung.** Die Wirkung von Unfällen über die Beeinflussung des Politikziels Schaffung von Arbeitsplätzen auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien kann in seiner Richtung nicht konkretisiert werden. Es besteht hierüber konkreter Forschungsbedarf.

### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Die Auswirkung einer Gefährdung der Netzstabilität auf das Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen kann nicht konkretisiert werden.

## **2.5.9 Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und Schaffung von Exportmärkten**

### **Ökonomische und technologische Faktoren (Ökonomie- und Technologie-Cluster)**

Langfristig hohe Preise fossiler und nuklearer Energieträger erfordern eine Anpassung der industriellen sowie industriepolitischen Strukturen, insofern stehen Preise in direktem Zusammenhang mit Industriepolitik. Solch starke Veränderungen – Wandel von Niedrig- zu Hochpreisregimes – wirken anfänglich negativ auf die Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und von Exportmärkten, vor allem dann, wenn der generelle Wandel dieser Preisregimes nicht vorweggenommen wurde, da der fi-

nanzielle Gestaltungsspielraum des Staates aufgrund sinkender Wirtschaftsleistung sinkt. Zusätzlich verunsichernd auf Markt- und politische Akteure wirken kurzfristig starke Preisschwankungen (Volatilitäten). In späteren Phasen der Strukturanpassung können hohe Preise hingegen in zahlreichen Bereichen neue Wachstumspotentiale hervorbringen, womit sich der Gestaltungsspielraum des Staates wieder vergrößert. Auf die Schaffung von Exportmärkten wirken hohe Energiepreise negativ, da die Kaufkraft in anderen Staaten sinkt.

Die Senkung von Kosten entlang von Lernkurven hat einen entgegengesetzten Effekt auf die Schaffung von Exportmärkten, da geringere Anlagenkosten die Zahl der Abnehmer auf ausländischen Märkten potentiell steigert. Parallel hierzu entstehen in verschiedenen Bereichen (Technologieproduktion und -anwendung) industriepolitische Wachstumspotentiale durch die Senkung von Technologiekosten.

Technologiesprünge und -anpassungen sind vergleichbar mit der Senkung von Kosten entlang von Lernkurven, sie ermöglichen bzw. vergrößern Exportmärkte. Sie eröffnen außerdem industriepolitische Wachstumspotentiale.

**Fazit und Folgerung.** Hohe Preise fossiler und nuklearer Energieträger sowie sinkende Kosten von REG-Technologien entlang von Lernkurven wirken positiv auf das Politikziel Industriepolitische Wachstumspotentiale und Schaffung von Exportmärkten. Über dieses Politikziel wird damit die Nutzung von REG – da REG-Technologien aufgrund sinkender Kosten und großer nutzbarer REG-Potentiale global eingesetzt werden können – gefördert.

### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Die begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger hemmt das traditionelle quantitative Wirtschaftswachstum, die Situation ist vergleichbar mit hohen Preisen fossiler Energieträger, allerdings führt die physische Knappheit zu drastischeren Einschnitten in der Wirtschaftsweise als lediglich hohe Preise bei noch ausreichend verfügbaren Energiemengen. Daher wird die Erreichung des Politikziels negativ beeinflusst. Zugleich wächst der Druck auf Regierungen, aktiv in das Wirtschaftsgeschehen einzugreifen. Um weiteres Wachstum zu erzielen, muss als Alternative die Nutzung von REG vorangetrieben werden; auf Basis erneuerbarer Energien sind neue industrielle und industriepolitische Strukturen und Rahmenbedingungen besser planbar. Strategien für die Zukunft müssen zwangsläufig REG als zentrales Element enthalten.

**Fazit und Folgerung.** Die begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger wirkt über ihre negative Wirkung auf das Politikziel Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und Schaffung von Exportmärkten positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Es ist bisher unklar, wie der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte auf die Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und die Schaffung von Ex-

portmärkten wirkt. Durch die größeren Investitionsmöglichkeiten dieser Akteure könnten Exportmärkte möglicherweise stärker erschlossen werden, auch wegen der unternehmerischen Infrastrukturen, die große Unternehmen in zahlreichen Ländern bereits besitzen. Allerdings relativieren sich diese Vorteile teilweise angesichts der derzeitigen Förderstrukturen in Zielländern, die großen und kleineren Unternehmen gleichermaßen Chancen eröffnen. Eine Verminderung von Wachstumspotentialen ist eher unwahrscheinlich.

**Fazit und Folgerung.** Es kann keine Aussage über den Zusammenhang von großen Unternehmen in REG-Märkten und der Erreichung des Politikziels Schaffung von industriepolitischen Wachstumspotentialen und Schaffung von Exportmärkten getroffen werden.

#### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Der Zusammenhang zwischen Unfällen und der Erreichung des Politikziels ist unklar. Hier besteht grundlegender Forschungsbedarf.

#### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Der Zusammenhang zwischen der Gefährdung der Netzstabilität durch erneuerbare Energien und der Erreichung des Politikziels ist unklar. Es besteht grundlegender Forschungsbedarf.

### **2.5.10 Induktion globaler technologischer Impulse**

#### **Ökonomische und technologische Faktoren (Ökonomie- und Technologie-Cluster)**

Hohe Preise fossiler und nuklearer Energieträger setzen auf globaler Ebene Impulse zur rascheren Entwicklung von Technologien, sie wirken daher positiv auf das Politikziel.

Lernkurveneffekte von REG-Technologien können positiv, gar nicht oder negativ auf die Erreichung des Politikziels wirken, abhängig von der Phase der Technologiereife und den resultierenden Kosten. Am Anfang der Lernkurve – hohe Technologiekosten – werden noch starke Impulse zur Weiterentwicklung gesetzt. Nähert sich die Kurve hingegen ihrem Minimalwert – nach erfolgter starker Reifung und Diffusion in Märkte – nimmt die Intensität der Impulse ab, da komparativ nur noch geringe Kostenvorteile erzielt werden können. In diesem Bereich besteht Forschungsbedarf.

Technologiesprünge sind selbst als Ergebnisse von Impulsen zu betrachten und können daher nicht bewertet werden (Vermeidung eines Selbstbezugs). Die Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit und Transfereignung ist ebenso ein Ergebnis von gesetzten Impulsen.

**Fazit und Folgerung.** Steigende Preise fossiler und nuklearer Energieträger wirken positiv auf die Erreichung des Politikziels Induktion globaler technischer Impulse, und über dieses Politikziel wirken sie positiv auf den Ausbau der Nutzung von REG. Lernkurveneffekte wirken teils positiv, teils gar nicht auf die Erreichung des Politikziels und hierüber auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien.

#### **Begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger, Peak-Ereignisse**

Die begrenzte Verfügbarkeit fossiler und nuklearer Energieträger ist ein sehr starker Impuls für technologische Entwicklung, über deren positive Wirkung auf das Politikziel auch der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien stark positiv beeinflusst wird.

#### **Massiver Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte**

Der Einstieg großer Unternehmen in REG-Märkte kann technologische Impulse setzen. In der Innovationsforschung werden jedoch kleinere Unternehmen als stärkere Innovationsträger betrachtet. Entlang dieser Argumentation würde ein höherer Anteil großer Unternehmen auf REG-Märkten das Politikziel negativ beeinflussen. Aufgrund mangelnder grundlegender Forschungen in diesem Bereich kann jedoch keine Aussage getroffen werden.

#### **Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger (z. B. Leckagen in CO<sub>2</sub>-Leitungen, Unfälle in AKW)**

Unfälle im Bereich fossiler und nuklearer Energieträger wirken positiv auf das Politikziel Induktion globaler technologischer Impulse. Daher wirken sie über das Politikziel positiv auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, da nach Unfällen der Druck auf die Entwicklung von Alternativen zunimmt.

#### **Gefährdung der Netzstabilität durch den Einsatz erneuerbarer Energien**

Es kann derzeit nicht bewertet werden, ob sich die Gefährdung der Netzstabilität auf das Politikziel in globaler Sicht auswirkt.

### **2.6 Fazit zum Zusammenhang zwischen Faktoren und Politikzielen, Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien**

Es ist festzuhalten, dass in die Diskussion über die Erreichung von Politikzielen die sich verändernden Rahmenbedingungen stärker einbezogen werden sollten. In der hier vorliegenden Untersuchung ist dies über die Wirkungsanalyse wesentlicher Einflussfaktoren dargelegt worden. Zahlreiche Wirkungen dieser wichtigsten Faktoren auf die Politikziele sind bisher nicht bekannt, ebenso wie die damit verbundenen Rückkopplungen auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien. Gerade diese Beziehungsgeflechte sind aber von Belang für dessen weitere verbesserte Förderung aus gesamtheitlicher Perspektive. In zahlreichen Bereichen besteht dahingehend erheblicher Forschungsbedarf.

Zahlreiche Wirkungszusammenhänge bestehen zwischen der Preisentwicklung fossiler Energieträger und den Kosten von REG-Technologien einerseits und der Gewährleistung von Energiesicherheit andererseits. Solche Zusammenhänge sind prinzipiell bekannt, aufgrund der komplexen Strukturen internationaler Energiemärkte aber immer noch ungenügend mit dem Einfluss auf die Nutzung erneuerbarer Energien (als heimische Energieträger) in Verbindung gebracht.

Regionale Wertschöpfung im Energiebereich rückte in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus politischer Entscheidungsträger. Ungeklärt ist jedoch die Beeinflussung der regionalen Wertschöpfung durch die Entwicklung von Technologiekosten (über den Lernkurvenansatz), da hier Effekte in unterschiedliche Richtungen wirken können, deren Größenordnungen bisher nicht bekannt sind. Hierzu besteht erheblicher Forschungsbedarf. Dieser Forschungsbedarf erstreckt sich auf sämtliche Phasen von Lernkurven und deren Wirkung auf die analysierten Politikziele. Das Politikziel Schaffung von Arbeitsplätzen ist hier besonders hervorzuheben, da die Weiterentwicklung von REG-Technologien sich perspektivisch auch negativ auf den heimischen Arbeitsmarkt niederschlagen könnte, zumindest dann, wenn Kostendegressionseffekte vor allem auch dadurch ausgeschöpft werden, dass in anderen Ländern (was z. B. im Bereich der Photovoltaik derzeit in China) Massenproduktionen aufgebaut werden. Ebenso sind die Wirkungszusammenhänge zwischen Unfällen in Kernkraftwerken oder entlang von CCS-Strukturen und der Schaffung von Arbeitsplätzen nicht bekannt.

Die Zusammenhänge zwischen Klimaschutz und der Entwicklung langfristiger Preise und Kosten von Energieträgern und Technologien sind bisher wissenschaftlich nicht geklärt. So besteht hinsichtlich der Substitution von Energieträgern bei der Veränderung von Preisen erheblicher Forschungsbedarf. Dies ist für den Klimaschutz relevant, da bisher kein sicheres Wissen darüber besteht, ob hohe Öl- und Erdgaspreise letztlich die Nutzung von emissionsintensiveren Alternativen wie Kohle, Teersande oder Ölschiefer begünstigt. Oder ob hohe Preise den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien stärker beeinflussen. Angesprochen ist hier die grundlegende Frage, ob hohe Erdöl- und Erdgaspreise den Klimaschutz eher hemmen oder ihn befördern.

### 3 Vertiefende Faktorenanalyse: Weitere Faktoren

Kap. 3 analysiert Faktoren, die durch die Expertenbefragung nicht unter den zehn wichtigsten eingruppiert wurden. Sie werden analysiert und dargestellt, da erstens einige der Faktoren derzeit in der energiepolitischen Diskussion eine Rolle spielen (z. B. Finanzkrise) und zweitens langfristige Entwicklungen sowie Entwicklungen im Bereich nicht-energetischer Rohstoffe erst allmählich beginnen, sich in der Energiediskussion zu verankern. Letzteres ist gerade im Bereich der sogenannten Kritischen Rohstoffe zu beobachten. Diese Faktoren sind:

- Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik
- Demographische Entwicklung
- Sozialer Wandel
- Finanzkrise
- Venture Capital
- Einfluss des Klimawandels auf die nutzbaren Potentiale erneuerbarer Energien
- Kritische Ressourcen
- Versteckt Emissionen
- Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen
- Siedlungsstrukturelle Entwicklung
- Massive Erschließung unkonventioneller Gas- und Ölquellen

#### 3.1 Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik

Ein völliges (weltweites) Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik erscheint schwer vorstellbar. Das gilt auch deswegen, weil zumindest ein großer Teil der klimapolitisch motivierten politischen Maßnahmen zugleich brennstoffpolitisch motiviert ist.

Eher vorstellbar ist eine andere Möglichkeit: Dass für einen speziellen Zweig der erneuerbaren Energien die Unterstützung weg bricht, wenn die Priorität für Klimapolitik entfällt. Naheliegend ist folgendes globales Szenario auf dem Treibstoffmarkt: Als Hintergrundentwicklung sei angenommen, dass eine sicherheitspolitische Sicht global (wieder) an Dominanz gewinnt: Eine erneute bipolare Konkurrenzsituation, diesmal mit den Trägern USA und China. Beide Staaten haben einen globalen Gestaltungsanspruch, dessen ‚Achillesferse‘ jeweils ist, dass beide bezüglich der Basis ihrer Mobilität, dem Bedarf an flüssigem Treibstoff, extrem importabhängig sind. Beide verfügen jedoch über große heimische Kohlevorkommen. Beide Staaten könnten ihr Interesse darin erkennen, ihre Abhängigkeit in der Versorgung mit Treibstoffen (bzw. der Treibstoffversorgung ihrer Streitkräfte) von importierten Kohlenwasserstoffen, die perspekti-

visch noch deutlich zuwachsen wird, dadurch aufzuheben, dass sie die CtL-Option realisieren – China tut dies bereits, die USA stehen kurz davor, zumindest für militärische Zwecke.

Ein hinreichendes Volumen, um vom „Wegbrechen der Unterstützung“ (für den Ausbau erneuerbarer Energien) zu sprechen, hätte eine solche Vorgehensweise bzw. Konstellation allerdings nur für den Fall, dass ein solcher Schwenk zu einer nationalen Mono-Strategie würde – nur dann bräche die Nachfrage dieser beiden Großgebiete nach klimafreundlichen Alternativen zur Befriedigung des Mobilitätsbedarfs incl. der Rolle, die erneuerbare Energien dabei spielen könnten, weg. Damit entfielen auch die Technologieentwicklungspotenz dieser beiden Großmächte, allerdings nur auf diesem Technologiegebiet.

Die Auswirkung dieser gewandelten weltweiten Situation auf Deutschland bestünde zuallererst darin, dass das *burden sharing* bei der Technologieentwicklung unter den interessierten Industriestaaten sich anders darstellen würde – übernimmt der Rest der technologiepotenten Welt die Zusatzlasten nicht, so ist eine Verlangsamung der technischen Entwicklung die Folge. Die Folge dessen wiederum dürfte eine langsamere Durchsetzung der erneuerbaren Energien-Alternative und damit schließlich auch ein verlangsamter Ausbau der erneuerbaren Energien sein.

### 3.2 Demographische Entwicklung

Drei wesentliche Trends kennzeichnen die demografische Entwicklung in Deutschland: erstens der Geburtenrückgang, zweitens eine starke Alterung der Bevölkerung und drittens starke regionale Wanderungen seit der Wiedervereinigung mit erheblichen Auswirkungen für die räumliche Verteilung der Bevölkerung.

Seit den 1960er Jahren sind die Geburtenzahlen in Deutschland rückläufig und haben sich bis heute um fast die Hälfte reduziert. Ein deutlicher Unterschied lässt sich dabei zwischen den neuen Bundesländern und den alten Bundesländern feststellen. Während die Geburtenzahl in den alten Bundesländern kontinuierlich auf den heutigen Wert absank, lässt sich für die neuen Länder feststellen, dass die Zahlen bis zur Wiedervereinigung über den Werten Westdeutschlands lagen. Insbesondere in den achtziger Jahren lagen die Geburtenzahlen hier deutlich über dem Westniveau. Nach der Wende brachen die Zahlen jedoch in dramatischer Weise ein und sanken auf ein bis dahin nicht gekanntes Tief von etwa 0,7 Geburten pro Frau im Jahr 1993. Heute liegt der ostdeutsche Wert der Geburtenzahl mit 1,3 Geburten je Frau etwas unter dem westdeutschen Wert mit 1,4 Geburten je Frau. Die Prognosen der Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes gehen jedoch davon aus, dass sich dieser Wert bis 2010 auf dem westdeutschen Niveau einpendeln und bis 2050 konstant bleiben wird (Statistisches Bundesamt 2006). Diese Annahmen erscheinen fraglich, wenn bedacht wird, dass die höhere Geburtenzahl im Westen des Landes auch den höheren Geburtenzahlen der Immigrantenfamilien zuzurechnen ist, die im Osten eine weniger entscheidende Rolle spielen.

Das Statistische Bundesamt geht in seiner 11. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (Statistisches Bundesamt 2006) davon aus, dass die Anzahl der potenziellen Mütter (Frauen im Alter zwischen 15 und 49 Jahren) weiterhin zurückgehen wird. In der mittleren Variante der Vorausberechnung (konstante Geburtenhäufigkeit, mittlere Zunahme der Lebenserwartung, Wanderungssaldo 100.000 oder 200.000) wird zudem prognostiziert, dass die Zahl der Sterbefälle trotz ansteigender Lebenserwartung zunehmen wird. Begründet wird dies mit der Tatsache, dass die geburtenstarken Jahrgänge in das hohe Alter hineinwachsen. Dadurch werden die Geburtenzahlen von den Sterbezahlen immer stärker dominiert, von einem Ausgleich durch Zuwanderung ist nicht auszugehen. Folglich wird sich der Trend der Bevölkerungszunahme auch in Zukunft fortsetzen. Die mittlere Prognosevariante geht von einer Bevölkerung von 74 bis knapp 69 Millionen im Jahr 2050 aus. Prognos/EWI geht von einer Bevölkerung von 79,3 Millionen im Jahr 2030 aus.

Problematisch wird dieser Bevölkerungsrückgang, weil er sich unterschiedlich auf die Regionen Deutschlands verteilt und durch regionale Wanderungsbewegungen noch zusätzlich verstärkt wird.

Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) identifiziert in seinem Raumordnungsbericht (BBR 2005) zwei wesentliche Wanderungsbewegungen, die kennzeichnend für die Situation in Deutschland sind. Zum einen sind dies die Bevölkerungsbewegungen zwischen dem Osten und dem Westen der wiedervereinigten Bundesrepublik. Seit dem Fall der Mauer sind 3,5 Millionen Menschen aus den neuen in die alten Bundesländern umgezogen, allerdings auch 2 Millionen in die entgegengesetzte Richtung. Betrachtet man die Nettowanderungsbewegung von Ost nach West, so nahm diese von 1989 bis 1997 zunächst kontinuierlich ab, stieg dann bis 2001 wieder auf das Level der frühen neunziger Jahre, seit 2002 sinkt sie wieder. Letzteres ist jedoch nicht auf eine rückläufige Abwanderung sondern vielmehr auf einen Anstieg der Zuwanderung vom Westen in den Osten zurückzuführen. In starker Abhängigkeit von der Entwicklung der Arbeitsmarktsituation in den neuen Ländern, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Wanderungsverluste von Ost nach West in Zukunft einstellen werden.

Von einer direkten Auswirkung des demographischen Wandels auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energiequellen kann nicht ausgegangen werden. Indirekte Beeinflussungen sind jedoch denkbar. So kann der Bevölkerungsrückgang und eine damit verbundene Erhöhung der Wohnungsleerstände dazu führen, dass grundsätzlich im Immobilienbereich ein Wertverlust zu verzeichnen ist. Dieser wiederum könnte sich negativ auf die Bereitschaft der Immobilieneigentümer auswirken, in neue REG-Technologien zu investieren.

Auch eine indirekte Einflussnahme aufgrund der Veränderung der Wärmedichte ist möglich. Diese lässt sich über die Entwicklung der Siedlungsstrukturen und bauliche Veränderungen abbilden.

### **3.3 Sozialer Wandel**

Ziel dieses Arbeitsabschnitts ist die möglichst umfassende Erläuterung, welche Aspekte des sozialen Wandels in Deutschland sich dynamisch auf den Ausbau der Nutzung

erneuerbarer Energien auswirken können. Im Rahmen dieser Analyse werden die aktuellen Studien zum sozialen Wandel mit den Forschungsergebnissen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien verknüpft.

Der soziale Wandel (oder gesellschaftliche Wandel) ist die allgemeine Bezeichnung für die in einem bestimmten Zeitabschnitt erfolgten Veränderungen in einer Sozialstruktur. Der Wandel übt einen Einfluss auf die Einkommens-, die Bildungs- und die Altersstruktur aus, also auf die soziodemographischen Aspekte einer Gesellschaft, aber auch auf die unterschiedlichen Lebensstile und das Konsumverhalten der Gesellschaft. Wie sich die stetig verändernde Sozialstruktur auf die Nutzung erneuerbarer Energien auswirken kann, ist Thema dieses Arbeitsabschnitts.

Um identifizieren zu können, an welchen Schnittstellen der soziale Wandel die Entwicklung erneuerbarer Energien beeinflussen kann, sollen im Folgenden zunächst allgemeine Trends formuliert werden, die in Deutschland als dominant für den sozialen Wandel anzusehen sind (vgl. Schäfers 1998, S. 11):

- Trend zur Kapitalisierung der Eigentums- und Besitzverhältnisse,
- Trend zur Demokratisierung von Staat und Gesellschaft bzw. von Handlungsbedingungen in deren Institutionen, verbunden mit dem Abbau von Leistungs- und Befehlsverhältnissen,
- Trend zur wohlfahrts- und sozialstaatlichen Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken (Arbeitslosigkeit, Alterssicherung, Bildung/Ausbildung und Freizeitgestaltung),
- Trend, den Lebensstandard und die gegebenen Sozialchancen dauernd verbessern zu wollen,
- Trend zu städtischen Formen der Siedlungs- und Lebensweise und der damit verbundenen Individualisierung von Lebensstilen,
- Trend fortschreitender Trennung von Arbeitsplatz und Wohnung.

Die Globalisierung kann in diesem Zusammenhang als konstituierendes Element betrachtet werden. Sie ist gekennzeichnet durch die Zunahme transnationaler Unternehmen (sowie Investitionsströme und Finanzaktivitäten), einen weitestgehend zeit- und ortsunabhängigen Austausch von Informationen, Global-Cities als „Orte der Kontrolle“ weltumspannender Aktivitäten sowie die Ablösung der Wirtschaftsakteure von nationalen Politiken, d. h. der staatsmonopolistische Kapitalismus wird durch einen globalen Kapitalismus abgelöst (vgl. Schäfers 1998, S. 13).

Bricht man die bereits genannten, sehr allgemeinen Trends (Punkte eins bis sechs) auf konkrete Handlungsmöglichkeiten gesellschaftlicher Gruppen/Individuen herunter, wird der Einfluss auf die Entwicklung der erneuerbaren Energien deutlicher. Im Folgenden soll zum Punkt eins an dieser Stelle exemplarisch eine indirekte Wirkung auf die Nutzung erneuerbarer Energien aufgezeigt werden.

Der Trend zur Kapitalisierung der Eigentumsverhältnisse kann sich sowohl positiv als auch negativ auf die Aktienmarktentwicklung im Bereich erneuerbare Energien auswirken. Anleger können z. B. Zertifikate erwerben, die die mittlerweile großen deutschen Unternehmen aus den Bereichen Solar-, Wind- und Bioenergie beinhalten. Diese Zertifikate werden sowohl risikofreudigen Investoren als auch langfristigen Anlegern empfohlen, weil der Index für den Teilbereich erneuerbare Energien sehr breit gestreut ist. Ob die Zertifikate für Anleger interessant sind, hängt davon ab, wie sie die Entwicklungschancen im Bereich erneuerbarer Energien einschätzen. Wird die Entwicklung bzw. die Bedeutung erneuerbarer Energien zukünftig steigen, können die Anleger langfristig von Investitionen in erneuerbare Energien profitieren (vgl. [http://www.glocalist.com/index.php?id=20&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=1316&tx\\_ttnews%5Bcat%5D=5&cHash=eb260a4a2d](http://www.glocalist.com/index.php?id=20&tx_ttnews%5Btt_news%5D=1316&tx_ttnews%5Bcat%5D=5&cHash=eb260a4a2d)). Kurzfristige Anlagen hingegen können mit Risiken verbunden sein.

Bleibt dieser Trend zur Kapitalisierung der Eigentums- und Besitzverhältnisse zukünftig bestehen bzw. entwickelt er sich weiter, ist davon auszugehen, dass auch die Produkte aus dem Bereich erneuerbarer Energien durch den Kapitalmarkt einen Aufschwung erleben.

Anhand dieses konkreten Beispiels wird deutlich, dass der soziale Wandel durch das Handeln der Akteure (hier das Handeln im Bereich der Finanzen/Wirtschaft) einen Einfluss auf die Entwicklung der Erneuerbaren nehmen kann.

### **3.4 Auswirkungen der Finanzkrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien**

Der Ausbau erneuerbarer Energien ist sehr kapitalintensiv und daher unmittelbar auf funktionierende Kapitalmärkte angewiesen. Die aktuelle Finanzkrise hat zu einer funktionalen Einschränkung der weltweiten Kapitalmärkte geführt, in deren Folge sich auch der Ausbau erneuerbarer Energien bereits deutlich verlangsamt hat.

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Finanzkrise auf die für den Ausbau erneuerbarer Energien relevanten Finanzierungsmärkte beleuchtet und eine Einschätzung vorgenommen, in welchem Umfang und auf welche Weise die Finanzkrise den Ausbau erneuerbarer Energien hemmt. Dabei werden sowohl die Finanzierungen von Investitionsprojekten als auch die direkte Finanzierung der am Markt tätigen Technologieunternehmen betrachtet, sowie Veränderungen des Markt- und Wettbewerbsumfeldes kurz beleuchtet. Abschließend wird eine Einschätzung darüber getroffen, inwieweit die von zahlreichen Ländern verabschiedeten Konjunkturpakete einen Beitrag dazu leisten werden, die negativen Effekte der Finanzkrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien zu kompensieren.

#### **3.4.1 Bedeutung der Finanzierungsmärkte für den Ausbau erneuerbarer Energien**

Laut einer aktuellen Studie wurden in den Jahren 2007 und 2008 weltweit jeweils USD 150 Mrd. in den Ausbau erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Steigerung der

Energieeffizienz investiert (NEF 2009a)<sup>112</sup>. Das Investitionsvolumen umfasst sowohl Investitionsprojekte wie beispielsweise die Errichtung von Wind- oder Solarparks als auch die direkte Finanzierung von Unternehmen aus dem Sektor erneuerbare Energien zum Beispiel auf den Ausbau der Produktionskapazitäten bezogen oder die Finanzierung von F&E-Aktivitäten. Um die geplanten weltweiten CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele zu erreichen, muss dieses Investitionsvolumen je nach Szenario bis zum Jahr 2020 auf USD 350 Mrd. und bis 2030 auf USD 460 Mrd. pro Jahr erhöht werden (NEF 2009a). Der Großteil dieser Investitionen – ca. 80% – wurde bisher durch den privaten Sektor bestritten. Um diesen Beitrag auch in Zukunft leisten zu können, ist der private Sektor auf funktionierende Kapitalmärkte zur Bereitstellung des benötigten Kapitals angewiesen.

### **3.4.2 Hintergrund und Verlauf der Finanzkrise**

Der Ursprung der weltweiten Finanzkrise liegt in den USA. Hier hat die jahrelange exzessive Vergabe insbesondere immobilienbasierter Kredite an zum Teil bonitätschwache Kreditnehmer zu einer Überhitzung am Immobilienmarkt und zu einer Überschuldung zahlreicher privater Haushalte und institutioneller Investoren geführt. Mit dem schrittweisen Anstieg der Leitzinsen seit Mitte 2004 und den damit ausgelösten höheren Finanzierungskosten wurde der Preisanstieg am Immobilienmarkt in den USA im Laufe des Jahres 2006 gestoppt und umgekehrt. Die Korrektur der Immobilienpreise auf ein niedrigeres Niveau dauert bis heute an und hat auch Märkte erfasst, die ähnlich wie in den USA in der Vergangenheit sehr stark von dem günstigen Finanzierungsumfeld profitierten. In Europa sind hier insbesondere Großbritannien, Irland und Spanien zu nennen. In Folge der höheren Zinskosten und gleichzeitig fallenden Immobilienpreise sind die Ausfallraten bei Immobilienkrediten stark angestiegen, wodurch Banken und institutionelle Investoren hohe Verluste erlitten haben.

Entscheidend für das Ausmaß der aktuellen Krise sind zwei Faktoren: Erstens begrenzen heute die internationale Verflechtung der Finanzmärkte und der Einsatz innovativer Finanzprodukte zur Risikostreuung heute weder verfügbares Kapital noch anfallende Verluste regional, sondern verteilen diese weltweit. Zweitens verschärfen die negativen Rückkopplungen zwischen Finanzkrise und Realwirtschaft den weltweiten konjunkturellen Abschwung und somit das Ausmaß der Finanzkrise.

Auch wenn sich die Finanzmärkte im Jahr 2009 zum Teil deutlich von ihren Tiefstständen erholt haben, hat die Risikoaversion an den Kapitalmärkten als Konsequenz der Turbulenzen deutlich zugenommen. Sowohl von Finanzinstitutionen als auch von Unternehmen der Realwirtschaft wird heute eine deutlich konservativere Finanzierung der Geschäftstätigkeit erwartet. Kredite werden nicht mehr so umfangreich und zu so gün-

---

<sup>112</sup> NEF (New Energy Finance) (2009a): Clean Energy Investment not on Track to Avoid Climate Change. Press Release, 4.04.2009

stigen Konditionen vergeben wie noch Anfang 2008. Die Zeit des hohen Einsatzes von niedrig verzinstem Fremdkapital zur Finanzierung von Unternehmenswachstum und Investitionsprojekten ist bis auf weiteres vorbei.

### **3.4.3 Auswirkungen der Finanzkrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien**

Laut aktueller Zahlen von New Energy Finance sind die Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Folge der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise im ersten Quartal 2009 deutlich zurückgegangen (NEF 2009b)<sup>113</sup>. Mit USD 13,3 Mrd. betrug der Rückgang der Investitionen gegenüber dem vierten Quartal 2008 44%, gegenüber dem ersten Quartal des Vorjahres 53%. Im zweiten Quartal hat sich das Investitionsvolumen bereits wieder auf USD 24,3 Mrd. erhöht, es liegt aber auch weiterhin deutlich unter dem Volumen des entsprechenden Vorjahresquartals von USD 36,2 Mrd. (NEF 2009c).

Bei der Beurteilung der Auswirkungen der Finanz- und Wirtschaftskrise auf den Ausbau erneuerbarer Energien beleuchten die folgenden Abschnitte wesentliche treibende bzw. hemmende Faktoren: die eingeschränkte Verfügbarkeit von Kapital für Unternehmen und Investoren, das veränderte Markt- und Wettbewerbsumfeld, sowie die negative wirtschaftliche Gesamtsituation.

### **3.4.4 Eingeschränkte Verfügbarkeit von Kapital**

Für den wirtschaftlichen Ausbau erneuerbarer Energien ist die ausreichende Verfügbarkeit von Kapital zu erschwinglichen Konditionen eine treibende Kraft.

In der Vergangenheit wurde insbesondere bei Investitionsprojekten der Großteil des Kapitalbedarfs (bis zu 95%) mittels Bankdarlehen abgedeckt, wodurch Investoren dank fester Einspeisevergütungen bei zahlreichen Projekten eine ausreichende Rendite auf das eingesetzte Eigenkapital erzielen konnten. Investoren – und somit letztlich der Ausbau erneuerbarer Energien – profitierten dabei lange von einem insgesamt günstigen Zinsumfeld, einer insgesamt geringen Risikoaversion der Banken, sowie deren großem Handlungsspielraum bei der Kreditvergabe.

Im Verlauf der Finanzkrise hat sich dieses positive Umfeld stark eingetrübt. Banken sind derzeit nicht nur aufgrund der durch Kreditausfälle verursachten Abschreibungen gezwungen, ihre Bilanzen deutlich zu konsolidieren, also die in den Büchern gehaltenen Vermögenswerte dem noch verfügbaren Eigenkapital anzupassen. Über die letzten Jahre hatten Geschäftsbanken immer mehr Geschäft mit immer weniger Eigenkapital in der Bilanz hinterlegt. So stieg laut einer Studie der Citigroup das Verhältnis Vermögenswerte zu Eigenkapital aller europäischen Geschäftsbanken von 25x Mitte

---

<sup>113</sup> NEF (New Energy Finance) (2009b): 44% Plunge in Investment as Crisis Catches Up with Clean Energy: Q1 2009 Investment Overview, 7.04.2009

der 1990er Jahre auf 37x in 2007 (Citi 2008)<sup>114</sup>. Bei einzelnen Instituten beläuft sich diese als Leverage bezeichnete Kennziffer auf bis zu 100x. Die Finanzkrise hat allen Marktteilnehmern gezeigt, wie riskant eine solch geringe Kapitalausstattung in Krisenzeiten sein kann. Die erforderliche Rückbesinnung auf eine konservative Finanzierungsstruktur erfordert von den Banken jetzt eine Verringerung ihrer Bilanzen und somit auch eine Rückführung ihres Kreditengagements. Die Alternative hierzu, eine Erhöhung des Eigenkapitals mittels Kapitalerhöhung ist zurzeit aufgrund des schlechten Kapitalmarktumfeldes wenn überhaupt nur zu sehr hohen Kosten möglich.

Hinzu kommt, dass mit dem Zusammenbruch des für Banken wichtigen Verbriefungsmarktes, über den vergebene Darlehen an institutionelle Investoren weitergegeben werden und die Banken so ihre Bilanzen zu Gunsten weiterer Kreditvergabe entlasten konnten, bis auf weiteres eine für sie wichtige Refinanzierungsmöglichkeit entfällt.

Angesichts der Dimension der erforderlichen Bilanzkonsolidierung, also Kreditrückführung, war zu erwarten, dass bis heute die stützenden Maßnahmen von Regierungen und Zentralbanken nur sehr langsam zu einer stärkeren Belebung an den für Unternehmen und Investoren wichtigen Kreditmärkten geführt hat. Jegliche Erleichterung bezüglich Kapitalausstattung und Refinanzierungskosten wird von den Banken erst einmal zur Konsolidierung der eigenen Bilanzen aufgebraucht.

#### **3.4.4.1 Projektfinanzierung**

Bei der Planung von Großprojekten wie beispielsweise Wind-, Solarparks und Biomassekraftwerken sind die Kosten für den Bau der Anlagen und die verfügbaren Finanzierungsbedingungen zentrale Bestandteile der Projektkalkulationen. Die Finanzkrise hat, mit einer gewissen Verspätung, im ersten Quartal 2009 das Geschäft für Investmentprojekte voll erfasst. Die weltweiten Investitionen in Großprojekte sind auf USD 11,5 Mrd. gefallen, ein Rückgang gegenüber dem vierten Quartal 2008 um 44% (NEF 2009b). Im zweiten Quartal 2009 konnten sich Projektinvestitionen weltweit auf USD 24,3 Mrd. erhöhen, was aber weiterhin einem Rückgang von 37% gegenüber dem Vorjahr entspricht. Die Finanzkrise wirkt sich über eine Reihe von Faktoren, die im Folgenden kurz skizziert werden, negativ auf das Projektgeschäft aus.

**Kapitalverfügbarkeit und Kapitalkosten.** Die Kapitalverfügbarkeit für Projektfinanzierungen hat sich aufgrund der zu Anfang beschriebenen Faktoren stark reduziert. Insbesondere der Zugang zu Fremdkapital ist sehr schwierig geworden. Aufgrund der neuen Wettbewerbssituation konkurrieren Investoren in erneuerbare Energien nicht nur verstärkt untereinander, sondern auch mit allen anderen Bankkunden um die überhaupt noch zur Verfügung stehenden Kreditlinien der Banken. Entsprechend leicht können die Banken in Verhandlungen verbesserte Kreditkonditionen für sich durchsetzen.

---

<sup>114</sup> Citi (Citigroup Global Markets) (2008): Industry Focus: Over the Hill. What will "normal" bank profitability look like? Research Report, Citigroup Global Markets, London, 5.09.2008

zen. So ist laut Angaben der Deutschen Bank der Anteil des Fremdkapitals an den Gesamtinvestitionskosten bei Projekten im erneuerbare Energien-Sektor von oftmals mehr als 90% vor der Kreditkrise auf jetzt 80-85% gesunken, bei gleichzeitiger Verkürzung der Kreditlaufzeiten von mehr als 20 Jahren auf 15-18 Jahre und insgesamt deutlich von 100 Basispunkten – 100 Basispunkte entspricht 1,00% - auf mehr als 200 Basispunkte gestiegenen Zinsmargen (DB 2008a)<sup>115</sup>. Auch wenn die absoluten Zinskosten aufgrund der gesunkenen Referenzsätze absolut gesehen in etwa konstant geblieben sind, zusammengenommen bedeuten diese Faktoren für Projektentwickler, ceteris paribus, deutlich geringere verbleibende Renditen auf das vermehrt erforderliche Eigenkapital, womit aktuell nur noch die rentabelsten Projekte Chancen auf eine Realisierung haben. Projekte, die zu den heutigen Finanzierungskonditionen unrentabel sind, werden vorerst nicht realisiert.

**Projektprüfung.** Die Banken, die derzeit überhaupt noch am Markt aktiv sind, gehen nicht nur bei Kreditkonditionen sondern auch bei der Auswahl der zu finanzierenden Projekte deutlich selektiver vor. Die Projektprüfung wird genauer und über einen längeren Zeitraum durchgeführt, um die aussichtsreichsten Projekte herauszufiltern und operative Risiken beispielsweise durch die Vorgabe etablierter Systemlieferanten zu minimieren. Aufgrund der verschärften Auswahlkriterien verlängert sich die Dauer bis zur Finanzierungszusage erheblich, was ebenfalls zum beobachteten Rückgang der Projektinvestitionen beiträgt.

#### 3.4.4.2 Unternehmensfinanzierung

Die Finanzierung von Unternehmen aus dem erneuerbaren Energien-Bereich hat sich ebenfalls deutlich erschwert. Diese meist schnell wachsenden Unternehmen benötigen Kapitalmittel, um beispielsweise durch Kapazitätserweiterungen erforderliche Skaleneffekte zu erzielen oder notwendige Vorhaben im Bereich Forschung und Entwicklung zu finanzieren. Neben den bereits ausführlich diskutierten Schwierigkeiten, Fremdkapital aufzunehmen, hat sich für die Unternehmen auch der Zugang zum Markt für Eigenkapital verschlechtert. Durch den starken Rückgang der Aktienkurse sind die impliziten Eigenkapitalkosten für bereits börsennotierte Unternehmen stark angestiegen. Kapitalerhöhungen sind aktuell aufgrund der sich seit Anfang des Jahres nur zaghafte verbesserten Investoreneinstellung selbst zu den aktuellen Kursen nur schwer durchführbar und können somit den eingeschränkten Zugang zu Fremdkapital nicht kompensieren. Laut New Energy Finance wurden im ersten Quartal 2009 nur rund USD 60 Mio. von bereits börsennotierten Unternehmen an neuem Eigenkapital an den Aktienmärkten aufgenommen, ein deutlicher Rückgang gegenüber den USD 1,1 Mrd. des vierten Quartals 2008 (NEF 2009b). Im traditionell stärkeren zweiten Quartal konnte eine Rei-

---

<sup>115</sup> DB (Deutsche Bank) (2008a): Auswirkungen der Finanzkrise auf Solar-Projektfinanzierungen. Deutsche Bank AG, Präsentation auf dem 9. Forum Solarpraxis, Berlin, November 2008

he von bereits börsennotierten Unternehmen die Erholung am Kapitalmarkt zur Ausgabe weiterer Aktien nutzen und insgesamt USD 2,4 Mrd. einsammeln. Damit liegt das Volumen ca. 50% unter dem Vorjahreswert.

Es ist zu erwarten, dass bei weiterhin risikoaversen Aktienmärkten insbesondere kapital schwache Unternehmen wenn überhaupt nur noch deutlich langsamer wachsen können. Für Unternehmen mit kurzfristigem Refinanzierungsbedarf besteht somit weiterhin die Gefahr, in Zahlungsschwierigkeiten zu kommen.

Besonders schwerwiegend ist die aktuelle Situation allerdings für junge innovative Unternehmen, die meist noch über keinen direkten Zugang zum öffentlichen Kapitalmarkt verfügen. Im ersten Quartal 2009 gab es keine Börsengänge im Erneuerbaren-Energien-Sektor mehr und auch das zweite Quartal zeigte nur eine geringfügige Verbesserung (NEF 2009b, 2009c)<sup>116</sup>. Eine der wichtigsten Quellen für Eigenkapital ist somit für diese Gruppe an Unternehmen zumindest vorerst versiegt. Aktuelle Zahlen zeigen, dass diese Unternehmen zur Überbrückung des Kapitalbedarfs auf bestehende Aktionäre sowie auf den privaten Eigenkapitalmarkt zurückgegriffen haben. Investitionen von Private Equity- und Venture Capital-Unternehmen gingen im ersten Quartal 2009 mit USD 1,8 Mrd. - dies entspricht einem Rückgang gegenüber dem vorigen Quartal um 22% - relativ zum Gesamtmarkt gesehen (minus 44%) etwas weniger zurück (NEF 2009b). Es ist aber zu befürchten, dass der private Eigenkapitalmarkt nicht über die notwendigen Mittel verfügt, dauerhaft den Kapitalbedarf der jungen, schnell wachsenden Unternehmen zu decken und den Ausfall der wesentlich größeren, öffentlichen Kapitalmärkte zu kompensieren.

Insgesamt ist zu erwarten, dass das angespannte Umfeld für Unternehmensfinanzierungen zu einer Abschwächung des Branchenwachstums führen wird und kapitalstarke, etablierte Unternehmen eine Konsolidierung des Marktes anstoßen werden.

### **3.4.5 Markt- und Wettbewerbsumfeld**

Ein weiterer wesentlicher Treiber für den erfolgreichen Ausbau erneuerbarer Energien ist ein funktionierendes Markt- und Wettbewerbsumfeld der Technologieanbieter. Es zeichnet sich ab, dass die Finanzkrise auch hier starke Veränderungen induziert. Während kurzfristig die nachlassende Nachfrage zu verstärktem Wettbewerb und sinkenden Preisen führt, könnten länger anhaltende Absatz- und Finanzierungsprobleme möglicherweise zu einer übermäßigen Marktkonsolidierung führen.

---

<sup>116</sup> NEF (New Energy Finance) (2009c): Clean Energy Investment bounces back strongly in Europe but US languishes: Press Release, 2.07.2009

#### **3.4.5.1 Fallende Systempreise**

Während bisher die Nachfrage nach Systemkomponenten stets die Angebotsseite übertraf, hat die plötzlich durch die Kreditverknappung verursachte Nachfrageschwäche jetzt erstmals zu einem Überangebot geführt. Die Situation wird noch dadurch verschärft, dass langfristig angestoßene Kapazitätserweiterungen nicht sofort gestoppt werden können und bestehende Kapazitäten zur Erzielung von Skaleneffekten auch zu kurzfristig variablen Kosten ausgelastet werden müssen. Für Kunden hat diese Situation zumindest kurzfristig Vorteile, da das resultierende Überangebot zu deutlichen Preisrückgängen bei vielen Systemkomponenten führen wird. Marktanalysten schätzen, dass sich beispielsweise bei Solarmodulen Preisnachlässe von 10% bis 40% einstellen werden (DB 2008b)<sup>117</sup>. Während dieser Preisrückgang aus Sicht der Kunden die negativen Effekte aus den gestiegenen Kapitalkosten bei der Projektkalkulation teilweise kompensiert, bedeuten die niedrigeren Margen für die Hersteller eine deutliche Verschärfung der durch die Finanzkrise bereits angespannten finanziellen Situation.

#### **3.4.5.2 Steigende Qualitätsansprüche**

Das breite Marktangebot sowie die oben beschriebene Rückbesinnung der Projektentwickler auf qualitativ hochwertige und somit aus operativer Sicht risikoärmere Systemkomponenten bringen für etablierte Hersteller mit entsprechender Produkthistorie (Track Record) einen deutlichen Wettbewerbsvorteil. Relativ neue Marktteilnehmer und Anbieter von innovativen Technologien müssen hingegen mit einer stärker sinkenden Nachfrage rechnen. Es muss abgewartet werden, ob dieser Trend nur zu einer qualitativen Marktberreinigung oder auch zu einer deutlichen Verlangsamung bei technologischen Innovationen führen wird.

#### **3.4.5.3 Erwartete Marktkonsolidierung**

Unternehmen mit geringen finanziellen Reserven, also niedriger Profitabilität, schwacher Kapitalausstattung oder fehlendem Track Record werden in dem verschärften Wettbewerbsumfeld nur schwer bestehen können. Sobald die zu erwartende Marktberreinigung einsetzt, werden Anbieter und somit auch überzählige Produktionskapazitäten vom Markt verschwinden. Eine gewisse qualitative Bereinigung des in den vergangenen Jahren undifferenziert gewachsenen Marktes ist dabei aus Sicht der Abnehmer wünschenswert. Problematisch wäre es allerdings, wenn eine lang anhaltende Schwächeperiode zu einem übermäßigen Anbieter- und Kapazitätsrückgang führt. In so einem Szenario wären die mittelfristigen Ausbauziele für erneuerbare Energien nach überstandener Finanz- und Wirtschaftskrise aufgrund der dann fehlenden Kapazitäten

---

<sup>117</sup> DB (Deutsche Bank) (2008b): The Four Pressure Points of the Credit Crunch. Renewable Energy Outlook, Deutsche Bank AG, London. 5.11.2008

und einem stark reduzierten Wettbewerb nur mit Verzögerung und unter deutlich höheren Kosten zu erreichen.

### **3.4.6 Gesamtwirtschaftliches Umfeld**

Die Eintrübung des gesamtwirtschaftlichen Umfeldes ist ein weiterer, allerdings indirekter Einflussfaktor auf den Ausbau erneuerbarer Energien. Wie bereits beschrieben, hat sich die Finanzkrise zu einer weltweiten Wirtschaftskrise ausgeweitet. Die sich gegenseitig verstärkenden, negativen Rückkopplungseffekte zwischen Finanz- und Realwirtschaft haben erstmalig zu einem weltweit synchron verlaufenden Wirtschaftsabschwung geführt, dem sich selbst bisher wirtschaftlich robuste Schwellenländer wie Indien und China nicht entziehen können. In Folge des Wirtschaftsabschwungs ist auch die Nachfrage nach Rohstoffen, insbesondere fossilen Energieträgern wie Rohöl und Kohle sowie Industriemetallen zurückgegangen. Dies wiederum hat zu einem Preisverfall an den internationalen Rohstoffmärkten geführt. Rohöl beispielsweise ist von seinem Höchststand im Mai 2008 von ca. USD 150/Barrel auf derzeit USD 70/Barrel gefallen. Ähnliches gilt für andere fossile Energieträger wie Kohle oder Erdgas, sowie für die meisten Industriemetalle.

Während der Rückgang bei wesentlichen Industriemetallen die Technologieanbieter auf der Kostenseite entlastet, führt der Rückgang der Energiepreise erst einmal zu einer relativen Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien gegenüber fossilen Energien. Ob dies zu einer langfristigen Schwächung beim Ausbau Erneuerbarer Energien führt, bleibt abzuwarten. Zumindest bei kurzfristiger Betrachtung erscheinen viele Szenarien zur steigenden Wettbewerbsfähigkeit erneuerbarer Energien möglicherweise als zu positiv. Entscheidend aber für die Realisierung von Ausbauszenarien wird letztlich sein, welche Erwartungen sich bzgl. der mittel- und langfristigen Entwicklung von Rohstoffpreisen am Markt etablieren werden.

### **3.4.7 Einfluss der Konjunkturpakete**

Die von den westlichen Industrieländern zur Bekämpfung der Finanz- und Wirtschaftskrise verabschiedeten Konjunkturpakete zielen auf eine schnelle und breite Belebung der jeweiligen Volkswirtschaften ab. Zwar enthalten die Pakete auch zahlreiche direkte Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien, diese sind jedoch unverhältnismäßig gering bezogen auf die wirtschaftlichen Probleme. Der Hauptfokus der Konjunkturpakete liegt dann auch eher in einer allgemeinen Stabilisierung des wirtschaftlichen Umfeldes von dem letztlich auch der erneuerbare Energien-Sektor profitiert. Die Chance, die aufgebrachten Mittel gezielt zu einem beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien bzw. zur Verminderung der aufgezeigten negativen Folgen der Finanzkrise einzusetzen, wurde aber nicht genutzt. Ein Großteil der direkt für den Umweltschutz vorgesehenen Maßnahmen bezieht sich auf die Steigerung der Energieeffizienz, insbesondere zur energetischen Sanierung von Gebäuden. Nachfolgend werden die we-

sentlichen Konjunkturpakete kurz mit Blick auf die spezielle Förderung erneuerbarer Energien beleuchtet.

In den beiden deutschen Konjunkturpaketen sind keine direkten Mittel für den Ausbau erneuerbarer Energien vorgesehen. Direkt gefördert wird hingegen die energetische Sanierung von Gebäuden über die Aufstockung der entsprechenden KfW-Mittel. Indirekt könnte sich allerdings die Ausweitung der KfW-Kredit- und Bürgschaftsprogramme durch einen erleichterten Zugang zur Investitions- und Unternehmensfinanzierung positiv auf den Ausbau erneuerbarer Energien auswirken.

In Großbritannien ist die Situation ähnlich. Hier werden laut einer Analyse der New Energy Foundation nur GBP 100 Mio. oder 0,6 Prozent des GBP 20 Mrd. schweren Konjunkturpaketes für originär umweltverbessernde Maßnahmen bereitgestellt (NEFO 2009)<sup>118</sup>. Der Ausbau erneuerbarer Energien wird ebenso wie in Deutschland nicht direkt unterstützt.

In den USA werden ca. 78 Mrd. US-Dollar oder 10% des Konjunkturpaketes zur Förderung von Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und Energie-Infrastruktur genutzt. Neben einer direkten Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien i.H.v. USD 2,5 Mrd. werden weitere Mittel i.H.v. USD 4,5 Mrd. zum erforderlichen Ausbau der Stromnetze bereitgestellt. Darüber hinaus wurden Investitionszulagen und Steuergutschriften für den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2012 verlängert, was für Investoren die wohl bedeutendste Maßnahme darstellt, da jetzt eine deutlich bessere Planbarkeit von Investitionsprojekten gegeben ist. Diese Ausweitung ist bedeutsam, da es in den USA auf Bundesebene keine Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energien gibt.

In Japan wird mit den verabschiedeten Konjunkturpaketen versucht, die Finanzkrise durch die Förderung von Krediten und Garantien für kleine und mittlere Unternehmen abzumildern, sowie den privaten Konsum insgesamt zu verbessern. Spezielle Maßnahmen im Umweltbereich beschränken sich auf die Nachfrageförderung energieeffizienter Produkte sowie in geringem Umfang auf die Förderung privater Solaranlagen.

### **3.4.8 Zusammenfassung und Ausblick**

Die Finanzkrise hat zumindest kurzfristig zu einer deutlichen Verlangsamung des Ausbaus erneuerbarer Energien geführt. Insbesondere die erschwerte Finanzierung von Unternehmen und Investitionsprojekten sind hierfür verantwortlich. Das verschärfte Wettbewerbsumfeld sowie das eingetrübte gesamtwirtschaftliche Umfeld haben sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf Investitionsprojekte und Marktteilnehmer (Tab. 3-1).

---

<sup>118</sup> NEFO (New Economics Foundation) (2009): Green Stimulus or Simulus? <http://www.greenpeace.org.uk/media/reports/green-stimulus-or-simulus>. March 2009

Tab. 3-1 Der Einfluss der klimatischen Faktoren auf den Energieverbrauch

Nachteile	Vorteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Steigende Finanzierungskosten</li><li>• Längere Planungszeiträume</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Größere Verfügbarkeit von Systemkomponenten</li><li>• Sinkende Systempreise</li></ul>

Damit die aktuell zu beobachtende Wachstumsschwäche die mittel- und langfristigen Ausbauziele nicht gefährdet, ist es erforderlich, eine geordnete Marktberuhigung sicherzustellen, die nach Jahren des rasanten Wachstums durchaus wünschenswert ist.

Die bisher verabschiedeten Konjunkturpakete helfen nur zu einem gewissen Teil, die Nachfragerückgänge und Finanzierungsschwierigkeiten in einzelnen Bereichen abzumildern. Sie sind aber sicherlich nicht in der Lage, die negativen Auswirkungen der zum Teil massiven Verwerfungen an den Kapitalmärkten zu kompensieren. Die von den Regierungen parallel zu den Konjunkturpaketen angestoßene Rekapitalisierung des Bankensystems wird daher der Schlüssel zur erfolgreichen Fortsetzung des Ausbaus erneuerbarer Energien sein.

### 3.5 Bedeutung von Venture Capital für die Förderung erneuerbarer Energien

Venture Capital oder Wagniskapital stellt ein kleines aber wichtiges Segment des Kapitalmarktes zur Unternehmensfinanzierung dar. Insbesondere junge, innovative Technologieunternehmen profitieren in ihrer Entwicklung nachweislich von der Verfügbarkeit von Venture Capital (Achleitner & Klöckner 2005, Hellmann & Puri 2000)<sup>119</sup>. Für diese Unternehmen besteht aber in den meisten Fällen aufgrund einer fehlenden Unternehmenshistorie und fehlender werthaltiger Vermögensgegenstände noch kein Zugang zu Bankkrediten oder dem öffentlichen Kapitalmarkt. Die solide Ausstattung mit (Wagnis-) Kapital ist aber in den meisten Fällen eine entscheidende Voraussetzung für den unternehmerischen Erfolg und somit eine treibende Kraft für Innovation und technologischen Wettbewerb innerhalb einer Volkswirtschaft.

Ziel von Kapitel 3.5 ist es, die Rolle von Venture Capital bei der Finanzierung von Unternehmen aus dem Bereich erneuerbarer Energien zu untersuchen. Dabei wird zuerst Venture Capital als Konzept definiert und in den Kontext des Private-Equity-Marktes eingeordnet. Anschließend werden die Finanzierungsaktivitäten der Venture Capital-Investoren in Deutschland mit Blick auf den Erneuerbaren-Energien-Sektor im speziel-

---

<sup>119</sup> Achleitner, A. & Klöckner O. (Achleitner & Klöckner) 2005: Employment contribution of Private Equity and Venture Capital in Europe, EVCA Research Paper, 2005

Hellmann, T. & Puri M. (Hellmann & Puri) 2000: The Interaction between Product Market and Financing Strategy: The Role of Venture Capital, The Review of Financial Studies, Volume 13, Number 4, 2000

len beleuchtet. Das Kapitel endet mit einer Betrachtung der kurz- und langfristigen Herausforderungen für den deutschen Venture Capital-Sektor.

### 3.5.1 Venture Capital im Private-Equity-Kontext

Private Equity ist der Oberbegriff für Eigenkapitalbeteiligungen jeglicher Art, die außerhalb der Börsen (Public Equity) meist durch spezialisierte Beteiligungsgesellschaften getätigt werden (siehe Abb. 3-1). Venture Capital ist ein Segment des Private-Equity-Spektrums, welches sich durch die Finanzierung von jungen, innovativen, schnell wachsenden Unternehmen mit einem hohen unternehmerischen Risiko definiert. Venture Capital überbrückt dabei in der Regel die Finanzierungslücke, die sich bei kapitalintensiven Unternehmen zwischen der ersten Finanzierung durch Eigenmittel der Gründer und dem Erreichen einer ausreichenden Innenfinanzierung aus dem operativen Geschäft bzw. eines eigenen Zugangs zum Bankenmarkt oder dem öffentlichen Kapitalmarkt auftut.

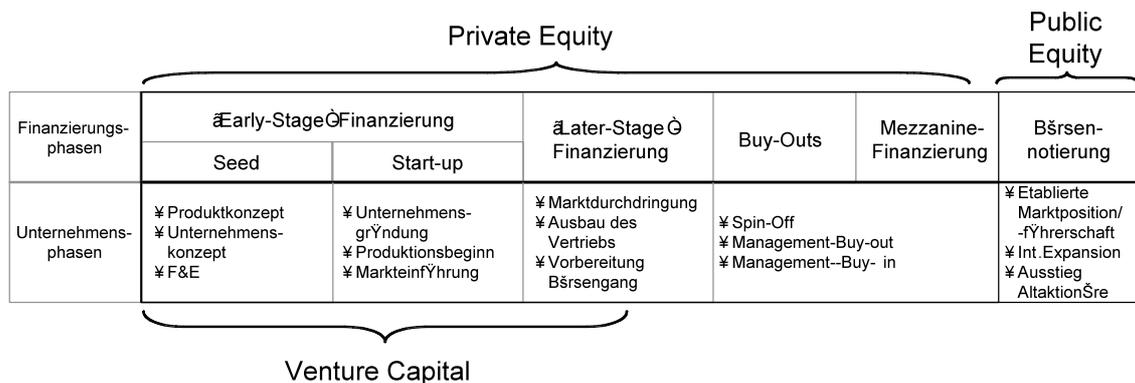


Abb. 3-1. Schematische Darstellung des Private-Equity-Marktes. BVK 2008<sup>120</sup>, eigene Darstellung

Das traditionelle Kernsegment der Venture Capital-Investoren sind die sogenannten „Early-Stage“-Finanzierungen. Dies sind Beteiligungen an gerade gegründeten oder noch zu gründenden Unternehmen. Als „Later-Stage“ Finanzierungen werden Beteiligungen an Unternehmen bezeichnet, welche die Gründungsphase bereits hinter sich gelassen und operativ die Gewinnschwelle erreicht haben. Oft handelt es sich hier um Folgeinvestitionen der Venture Capital-Gesellschaften bei ihren ursprünglichen „Early-Stage“-Beteiligungen, die sich erfolgreich entwickelt haben und nun weiteren Kapitalbedarf aufweisen.

Vom Investitionsvolumen sowohl absolut als auch pro Investition entfällt der mit Abstand größte Anteil des Private-Equity-Marktes auf die sogenannten „Buy-Out“- und „Mezzanine“- sowie sonstige Finanzierungen. Hierbei handelt es sich häufig um Betei-

<sup>120</sup> Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) 2008: Zur Rolle von Private Equity und Venture Capital in der Wirtschaft, Berlin, Oktober 2005

lungen an bereits etablierten Unternehmen, die beispielsweise aus einem Unternehmenskonzern herausgelöst werden (Spin-off) oder die Kapital für Wachstums- oder Restrukturierungsvorhaben benötigen, wobei der Weg an den öffentlichen Kapitalmarkt (Public Equity) aber aus unterschiedlichen Gründen verstellt oder nicht gewünscht ist.

Abb. 3-2 und Abb. 3-3 zeigen die Verteilung der in 2008 in Deutschland getätigten Private-Equity-Investitionen nach Investitionsphase sowie das durchschnittliche Investitionsvolumen nach Investitionsphase (BVK 2009a)<sup>121</sup>.

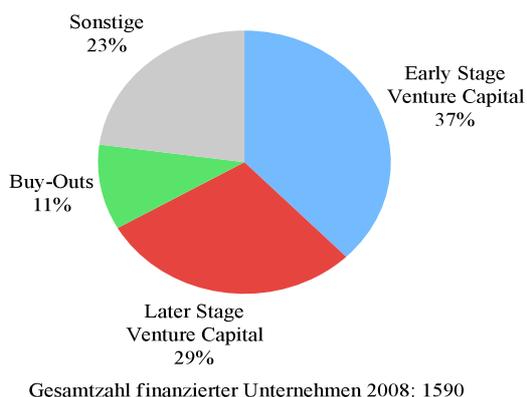


Abb. 3-2. Verteilung der Private-Equity-Investitionen in Deutschland in 2008 nach Investitionsphasen. BVK 2009a

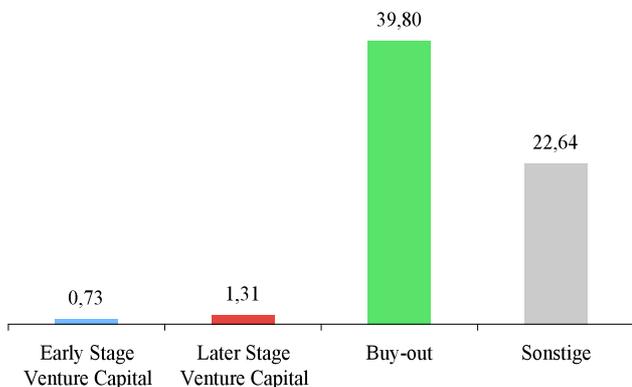


Abb. 3-3. Durchschnittliches Investitionsvolumen 2008 (in Mio. EUR). BVK 2009a

<sup>121</sup> Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) 2009a: BVK Special Private Equity in Europa 2008, Juli 2009

Die Daten untermauern, dass die Venture Capital-Investitionen (ca. EUR 1,0 Mrd. in 2008) im Wesentlichen kleinen Unternehmen zugute kommen. Durchschnittlich belief sich der Kapitalbedarf der im Jahr 2008 gut 600 finanzierten Unternehmen aus dem „Early-Stage“-Bereich auf weniger als eine Millionen Euro. Insgesamt wurden im Jahr 2008 1058 Unternehmen mit Hilfe von Early-Stage oder Later-Stage-Venture Capital in Deutschland finanziert (BVK 2009a).

Venture Capital Investoren tätigen ihre Investitionen immer mit dem Ziel, am Wertzuwachs des Unternehmens zu partizipieren und die erworbene Beteiligung mittelfristig zu veräußern. Dazu stellen die Investoren hauptsächlich voll haftendes Eigenkapital zur Verfügung und beteiligen sich somit unmittelbar am Erfolg als auch am Misserfolg des Unternehmens. Typisch für Venture Capital Investoren ist es, sich nicht auf die bloße Bereitstellung von Kapital im Zielunternehmen zu beschränken, sondern zusätzlich aktive unternehmerische Hilfestellung beispielsweise durch die Bereitstellung von Management-Know-how zu leisten. Die so finanzierten Unternehmen profitieren nachweislich in puncto Umsatzwachstum, Schaffung von Arbeitsplätzen, F&E Ausgaben und der schnellen und erfolgreichen Markteinführung neuer Produkte (Achleitner & Klöckner 2005; Bertoni & Grilli 2005; Belke et al. 2003, Hellmann & Puri 2000)<sup>122</sup>.

### **3.5.2 Venture Capital-Finanzierung im deutschen erneuerbare Energien-Sektor**

Statistische Daten über den Umfang von Venture Capital-Investitionen speziell für den Bereich erneuerbaren Energie werden nicht erhoben. Seit 2008 weist der Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) jedoch das Investitionsvolumen für den so genannten „Cleantech“-Sektor separat in seinen Statistiken aus. Neben den Unternehmen aus dem Bereich erneuerbaren Energien umfasst der Cleantech-Sektor zusätzlich u. a. die Bereiche Abfallentsorgung & Recycling, Wasseraufbereitung und Luftreinhaltung. Die aktuellen Datenerhebungen zeigen, dass Venture Capital-Investitionen insgesamt im Zuge der Finanzkrise im ersten Halbjahr 2009 deutlich zurückgegangen sind. Mit EUR 254,6 Millionen betragen diese nur noch 25% der im Gesamtjahr 2008 getätigten Investitionen – exakte Vergleichszahlen für das erste Halbjahr 2008 stehen nicht zur Verfügung. Der Anteil, der dabei auf den Bereich Cleantech entfällt, hat sich von 7,0% in 2008 auf 15,5% im ersten Halbjahr 2009 relativ gesehen mehr als verdoppelt (siehe Abb. 3-4; BVK 2009a; BVK 2009b)<sup>123</sup>.

---

<sup>122</sup> Bertoni F. & Grilli L. (Bertoni & Grilli) 2005: The Causality Relationship Between external Private Equity Financing and the Growth of New Technology Based Firms, Working Paper, March 2005; Belke A, Fehn R. & Foster N. (Belke et al.) 2003: Does Venture Capital Investment Spur Employment Growth? CEPS Working Document No. 197, December 2003

<sup>123</sup> Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) 2009b: BVK Statistik - Der Deutsche Beteiligungsmarkt im 2. Quartal, 18.8.2009

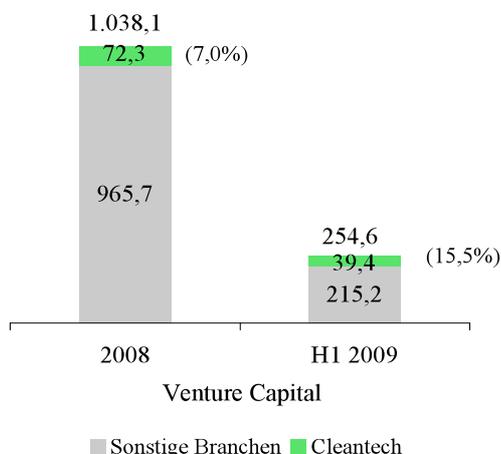
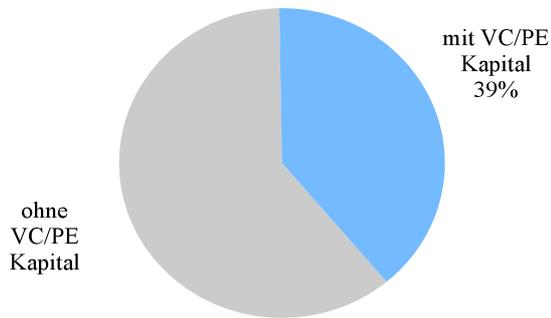


Abb. 3-4. Anteil Cleantech an Venture Capital-Investitionen in Deutschland. BVK 2009a, 2009b

Dass es sich bei dem relativen Wachstum der Cleantech Investitionen voraussichtlich um einen längerfristigen Trend handelt, zeigen aktuelle Ergebnisse einer Marktstudie der Unternehmensberatung Deloitte (Deloitte 2009)<sup>124</sup>. Danach erwarten 63% der weltweit befragten Venture Capital Gesellschaften einen Anstieg ihrer Investitionen im Cleantech Sektor in den nächsten drei Jahren - bei einem insgesamt gleichbleibenden Investitionsbudget. Damit ist Cleantech aus Sicht der Venture Capital-Investoren der attraktivste Unternehmenssektor für die nächsten drei Jahre.

Dass die Beteiligung von Venture Capital an Unternehmen langfristig durchaus zum Erfolg beitragen kann, lässt sich aus der Analyse der Kapitalstruktur von Börsenkandidaten vermuten, wenn auch im Rahmen dieses Beitrages nicht statistisch belegen. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt, dass von den 23 Unternehmen aus dem Bereich erneuerbare Energien, die seit 1999 in Deutschland an die Börse gegangen sind, 9 Unternehmen, oder knapp 40%, zum Zeitpunkt des Börsengangs bereits Kapital bei Venture Capital- oder Private-Equity-Gesellschaften aufgenommen hatten.

<sup>124</sup> Deloitte 2009: Global trends in venture capital 2009 global report, 2009



Anzahl Börsengänge gesamt: 23

Abb. 3-5. Erneuerbare Energie-Unternehmen mit Private-Equity-Beteiligung zum Zeitpunkt ihres Börsengangs (Deutschland, 1999-2009). Eigene Recherche, Unternehmensangaben

Darunter befinden sich Unternehmen, die heute zu den Marktführern in ihren jeweiligen Bereichen gehören, wie beispielsweise Q-Cells, Ersol (beide Photovoltaik) und REpower (Windturbinen). Es lässt sich also feststellen, dass fast die Hälfte der börsennotierten Unternehmen im Erneuerbare-Energien-Sektor in der Vergangenheit auf die Finanzierung durch private Kapitalgeber angewiesen waren.

### 3.5.3 Ausblick

Venture-Capital-Investitionen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit und Realisierung von innovativem Potenzial. Deutschland hinkt bezüglich Venture-Capital-Investitionen im internationalen Vergleich hinterher. So belaufen sich Venture-Capital-Investitionen in Deutschland auf 0,05% des Bruttoinlandsprodukts (BIP), während es in den USA 0,19% sind und in Großbritannien 0,34% (DB 2008)<sup>125</sup>. Die Gründe hierfür sind vielschichtig und auch noch nicht abschließend geklärt. Festhalten lässt sich aber, dass es auf der einen Seite in Deutschland - relativ zu den etablierten Venture-Capital-Märkten USA und Großbritannien - deutlich weniger Venture-Capital-Gesellschaften gibt, die in den jeweiligen Gründerszenen aktiv sind und Kapital und Know-how zur Verfügung stellen können. Auf der anderen Seite verfügt Deutschland aber auch nicht über eine ausgeprägte Gründerkultur, die eine große Anzahl an innovativen Unternehmen hervorbringt. Für die langfristige Förderung des Erneuerbare-Energien-Sektors bedeutet dies, dass nur die Verfügbarkeit von Venture Capital zusammen mit der Förderung von Gründungsinitiativen einen langfristigen Erfolg bei Innovation und technologischem Fortschritt verspricht.

<sup>125</sup> DB (Deutsche Bank) 2008: Venture Capital: Brücke zwischen Idee und Innovation?, Deutsche Bank Research, Frankfurt 25.2.2008

Erschwerend kommt hinzu, dass kurz- bis mittelfristig die aktuelle Finanzkrise die Venture-Capital-Branche vor zahlreiche zusätzliche Herausforderungen stellt. Auf der einen Seite gehen die zur Investition verfügbaren Mittel aufgrund konservativerer Allokation institutioneller Investoren und Anleger tendenziell zurück oder bleiben bestenfalls konstant. Auf der anderen Seite hat sich das Börsenumfeld allgemein besonders aber für risikoreiche Technologieunternehmen eingetrübt und somit die Ausstiegsmöglichkeiten über die Börse für Venture-Capital-Gesellschaften deutlich erschwert. Für die bestehenden Beteiligungen hat dies zur Folge, dass sie länger auf die finanzielle Unterstützung ihrer Venture-Capital-Gesellschaften angewiesen sein werden. Für die Beteiligungsgesellschaften bedeutet dies neben einer Verknappung des für Investitionen verfügbaren Kapitals auch geringere realisierte Renditen der Investitionen. Neue Beteiligungen müssen somit zukünftig genauer abgewogen werden und im Zweifel wird wohl bei der Finanzierungsentscheidung den risikoärmeren „Later-Stage“-Beteiligungen, die schneller zur Marktreife gebracht werden können, der Vorzug vor den risikoreichen, längerfristigen „Early-Stage“ Unternehmensgründungen gegeben werden.

### **3.6 Veränderung der Nachfragestruktur sowie der Angebots- bzw. Erzeugungspotenziale erneuerbarer Energien durch den Klimawandel**

Mit den folgenden Ausführungen soll die besondere Bedeutung des Klimawandels in der Diskussion einer zukunftsfähigen Energieversorgung hervorgehoben werden. Die Sonderstellung ergibt sich aus der Rolle der erneuerbaren Energien als wesentliche Säule im Klimaschutz, aber auch, weil sich in einigen Bereichen eine besondere Betroffenheit der erneuerbaren Energiequellen durch den Klimawandel ergibt.

Beide Aspekte werden nach einer kurzen Einführung in die operationale Fassbarkeit des Klimawandels in einem Unterkapitel behandelt.

#### **3.6.1 Perspektiven und operationale Fassbarkeit des Klimawandels (für Deutschland)**

Der anthropogene Klimawandel ist weitgehend gleichzusetzen mit der Veränderung der atmosphärischen Strahlungsbilanz. Er hat eine für analytische Zwecke gleichsam ‚angenehme‘ Struktur: Die Höhe von (äquivalent) knapp + 2 °C liegt bereits fest, die Temperaturfolgen sind jedoch erst zu etwa 40% (+ 0,75 °C) manifest, der Rest wird sich in Zukunft manifestieren. Dementsprechend werden veränderte Häufigkeit, Mittelwert und Varianz in Temperatur und Niederschlag, auch in Windvorkommen, auftreten. Hinzu kommt der Klimawandel, den der Mensch noch verursachen wird. Je mehr die UNFCCC-rechtliche Grenze, dass der anthropogene Klimawandel die Grenze zur Gefahr nicht übersteigen darf, akzeptiert wird, umso mehr gilt diese Struktur, sodass der Klimawandel gleichsam schon bekannt und gut zu berechnen ist.

Um mit dieser zeitverzögerten aber im Prinzip deterministischen (stochastischen) Struktur des anthropogenen Klimawandels für Deutschland angemessen und kosten-

günstig umgehen zu können, ist eine Stelle vom Umweltbundesamt (UBA) eingerichtet worden: KomPass. Diese Stelle hat veranlasst, dass die zu erwartenden Manifestationen des Klimawandels in den Parametern Temperatur und Niederschlag für Deutschland in kleinräumiger Gliederung (10x10 km-Raster) für den Zeitraum 1975 bis 2050<sup>126</sup> in zwei unabhängigen Klimafolgenmodellen (REMO und WETTREG) berechnet wurden und nun zur allgemeinen Verfügung stehen. Die Ergebnisse stehen für Stakeholder kostenfrei zur Verfügung, die Bedingung ist lediglich eine Registrierung und die Angabe, für welchen Zweck die Daten verwendet werden. Beim MPI für Meteorologie (Hamburg) ist eine Servicestelle eingerichtet, die für ‚typische‘ Nachfragekonstellationen Codelisten solcher Art zur Verfügung stellt, dass sie direkt die Grundlage der modellgestützten Auswertung seitens gewisser Akteursgruppen bzw. Wirtschaftsbranchen bilden können.

Themen sind hier der Einfluss des so modellierten Klimawandels (in Deutschland) sowohl auf die Nachfrage nach Energie, insbesondere der zeitlichen Verteilung, als auch auf das Angebotspotenzial und die Erzeugung von erneuerbaren Energien.

Vorüberlegungen haben zum Ergebnis, dass die **Nachfrageseite** im Wesentlichen von der Veränderung der Temperatur abhängig sein wird. Der Parameter ‚Gradzahltag‘ dürfte eine wesentliche Rolle spielen – über ihn wird nämlich sowohl die ‚wärmetechnische‘ Auslegung von Gebäuden gesteuert, die den entsprechenden Bedarf eines Gebäudes festlegen, als auch seine Fähigkeit, auf Spitzenereignisse (‚Hitzesommer‘) hin angemessene Kapazitäten zur Verfügung zu stellen. Der Parameter ‚Gradzahltag‘ hat aber auch Grenzen. Die eine besteht darin, dass nur der Gebäudetemperierungsbedarf in ihm gespiegelt wird, nicht der Warmwasserbedarf, also ein wesentlicher Teil des (stark) temperaturabhängigen Wärmebedarfs in ihm unberücksichtigt bleibt. Seine entscheidende Grenze besteht darin, dass er nicht linear übergeht in ein Maß der zur Gebäudeheizung komplementären Raumkonditionierung, dem Kühlen. Hier ist auf normierte Parameter zurückzugreifen, die in Ländern, in denen Klimaanlage in Gebäuden verbreitet sind, vermutlich vorliegen.

Auf der Seite des **Angebots-/Erzeugungspotenzials** erneuerbarer Energien wird unterschieden in die folgenden Bereiche, weil davon ausgegangen wird, dass für sie jeweils unterschiedliche Parameter bestimmend sind. Die konkrete Aufgabe besteht darin, den Bezug der beiden von REMO gelieferten Parameter zu den Parametern, die für das Angebot der jeweiligen erneuerbaren Energie wichtig sind, zu entwickeln.

### 3.6.2 Veränderungen auf der Nachfrageseite

In der Abb. 3-6 ist das Energieflussbild des deutschen Energiesystems exemplarisch aufgezeigt. Aus ihr wird deutlich, dass nur rund 33% der in das System eingehenden

---

<sup>126</sup> Aus wahrscheinlichkeitstheoretischen Gründen sind die beiden genannten Zeitpunkte als Mittelwert einer jeweiligen 30-Jahre-Zeitspanne modelliert und dann als Mittelwert genommen. Zur Vereinfachung der Sprechweise ist im Folgenden immer lediglich von den beiden Zeitpunkten die Sprache.

Energie (als Primärenergieträger) beim Verbraucher als Energiedienstleistung nutzbar sind. Dabei entfallen allein 47% der Nutzenergie auf die Energiedienstleistung mit warmem Raum. Dies unterstreicht die große Bedeutung der nachfrageseitigen Energieeinsparung: Jede eingesparte Kilowattstunde auf der Nachfrageseite führt gemäß der ‚Wertschöpfungskette‘ zu noch größeren Primärenergieeinsparungen (im Falle von Strom ca. 1 zu 3,3).

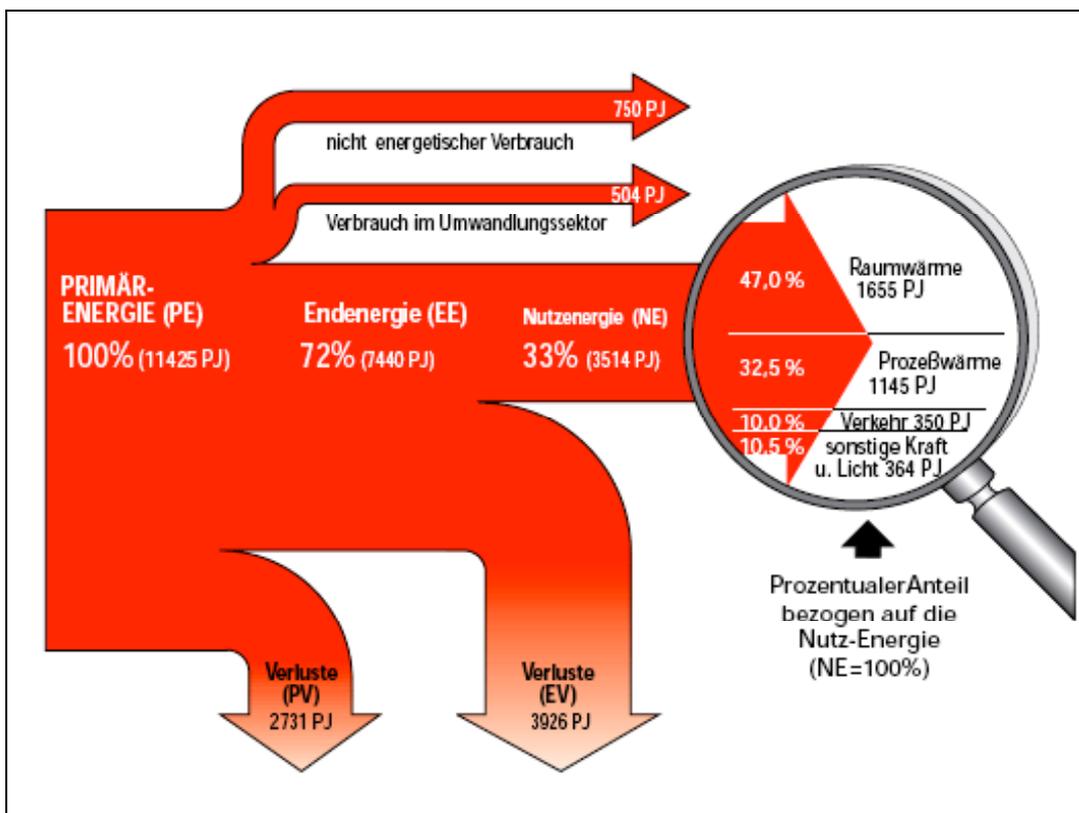


Abb. 3-6. Beispiel eines Primär-, End- und Nutzenergieflussbildes für die alten Bundesländer. FhG-ISI 2001

Dieser große Anteil der Raumwärmenachfrage von 47% der Nutzenergie macht die Bedeutung der Maßnahmen auf der Wärmeseite deutlich. Dabei lassen sich grundsätzlich zwei verschiedene Bereiche/Ebenen für Veränderungen auf der Nachfrageseite sowie deren Veränderungsmechanismen unterteilen. Dies sind folgende Ebenen:

1. **Energiedienstleistung.** Die Energiedienstleistung (EDL) orientiert sich am Bedürfnis/Bedarf des Menschen. Er fragt nicht unmittelbar eine bestimmte Energieform nach (in Liter Heizöl oder m<sup>3</sup> Erdgas usw.), sondern möchte ein bestimmtes Temperaturniveau in den Innenräumen haben. Die Differenzierung dieser Nachfrageebene ist besonders wichtig für die Berücksichtigung von demographischen, verhaltens-, aktors- und komfortorientierten Wirkmechanismen und daher für die Erreichbarkeit und die Abschätzung von Politikinstrumenten notwendig.

2. **Nutzenergie.** Die Nutzenergie kann als Energieform umschrieben werden, die dem Verbraucher zur Deckung des EDL-Bedarfes zur Verfügung steht. Mögliche Formen der Nutzenergie sind Wärme, Kälte, Licht, mechanische Arbeit oder Schallwellen. Ferner wird sie durch Faktoren zur Deckung der EDL beeinflusst, wie die bautechnische Beschaffenheit von Gebäuden usw.. Modelltheoretisch fungiert sie als energetische Übersetzung der (nichtenergetischen) EDL in eine Energieform bzw. in eine Energienachfrage. Die Erfassung dieser Ebene ist besonders im Wärmesektor wichtig für Politikinstrumente zur Erreichung von Wärmeschutzmaßnahmen, wie sie in der EnEV abgebildet sind oder durch Steuer- und Zuschussmodelle (z. B. KfW-Förderung) erreichbar sind.

### 3.6.2.1 Bestimmende Größen der Energiedienstleistung (EDL) „Raumwärme“

Die Energiedienstleistung Raumwärme (oder 'Warmer Raum') drückt sich am besten durch die bedarfsabhängige (subjektive) Größe aus, die sich als Behaglichkeit betiteln lässt. Die energetische Umsetzung dieser Größe kann so aufgefasst werden:

Definition Behaglichkeit „...dass *der Wärmeverlust der Umwelt [...] der Wärmeerzeugung des menschlichen Körpers entsprechen muss. Zur ‚Verlustregelung‘ kann er die Feuchtigkeitsabgabe durch Schwitzen verändern. Gerät der Mensch aus dem Bereich der Selbstregulation, dann fühlt er sich unbehaglich. Sind die Verluste zu groß, empfindet er es zu kalt, sind sie zu gering, als zu warm.*“<sup>127</sup>

Diese Definition von Behaglichkeit spiegelt im Wesentlichen das wider, worum es bei der Deckung der Energienachfrage im Bereich Raumwärme geht: Die Befriedigung des Bedürfnisses, sich in einem Gebäude (Wohnung oder Raum usw.) aufzuhalten, deren thermische Konstruktion so beschaffen sein muss, dass die Temperatur zwischen der Außentemperatur, der Innentemperatur und dem, was der Mensch als behaglich empfindet, ausgeglichen oder konserviert wird. Dieses Wechselspiel findet ferner zwischen *Oberflächentemperatur* und *Lufttemperatur* sowie der *Luftfeuchte* statt.

---

<sup>127</sup> Vergleiche Abb. 3-7

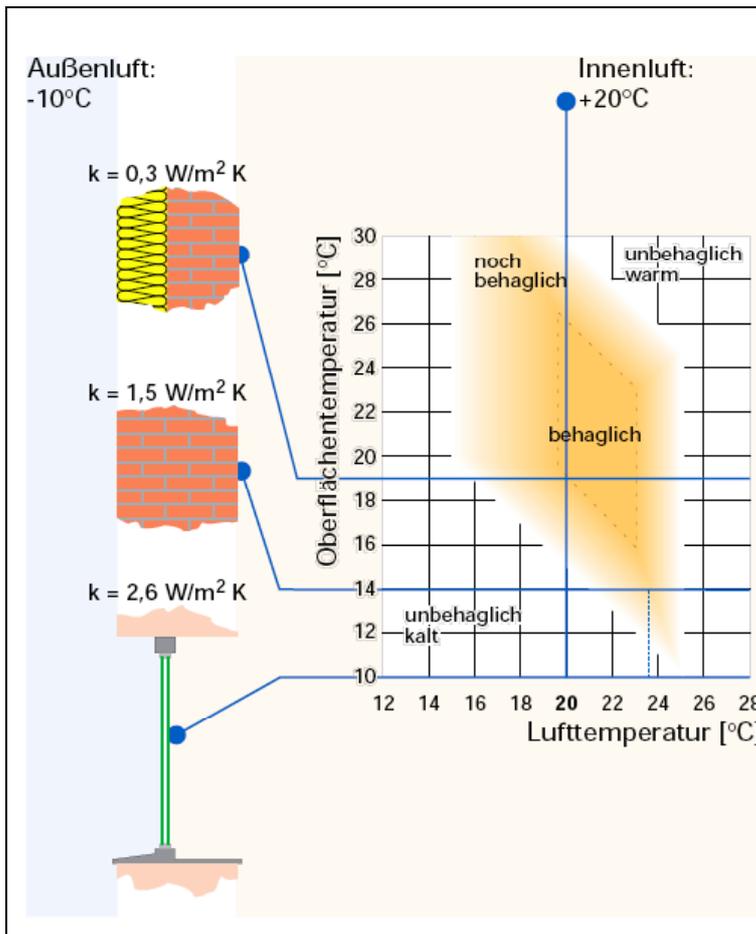


Abb. 3-7. Behaglichkeitsindikator mit Randbereichen, Einfluss von Oberflächen- und Lufttemperatur (Beispiel anhand einer Wandkonstruktion und eines Fensters mit Doppelverglasung). Wuppertal Institut 1995

Ein weiterer Leitindikator, der die Entwicklung der Energiedienstleistung maßgeblich beeinflusst, ist neben der Norm-Innentemperatur, die Entwicklung der Wohnflächen - in der Modellnomenklatur als (nicht energetische) Einheit „Quadratmeter beheizte Wohnfläche“ bezeichnet - wobei die Wohnflächenverteilung die eigentliche Treibergröße der Energiebilanz auf EDL-Niveau darstellt. Sie ist im Wesentlichen von demografischen Entwicklungen, aber auch von Investitionsentscheidungen und Komfortansprüchen abhängig.

Die zukünftige Entwicklung dieser Wohnflächen-Nachfrage wird im Wesentlichen durch folgende Leitindikatoren beeinflusst:

- die Bevölkerungsentwicklung
- die Entwicklung der Haushaltsgrößen
- die Wohnflächenaktivierung (Leerstände/Umwandlung)
- die Bestandsveränderung (Neubau/Abriss)
- und Innentemperaturanlassungen (thermische Komfortansprüche).

Diese Parameter könnte man als *gesamtgesellschaftliche Akteurs- und Konsummuster* beschreiben, die eine Nachfrage nach Wohnraum und Energie eher als gesellschaftlichen Konsens von räumlichen und gesellschaftlichen Milieus einordnen. Daher liegt die Beeinflussung durch Politikinstrumente auf dem Gebiet der überregionalen und gesamtgesellschaftlichen Ebene und ist eher nicht mit einer individualisierten Förderstrategie ansprechbar. Die Erreichung von Parametern und Einflussfaktoren im Bereich der EDL kann auf direktem Weg schwer über politische Instrumente erreicht werden. Nur indirekt, über den Weg der thermisch-/energetischen Optimierung, lassen sich Innentemperaturen absenken (Oberflächentemperatur bei kalten Wänden usw.). Ein Eingriff in die Nutzungsgewohnheiten des Wohnraums lässt sich nur über Investitionssteuerung oder gesamtgesellschaftliche Normen erreichen.

Die Veränderung der Energienachfrage wird im Wesentlichen von der Temperaturveränderung abhängig sein. Ein Parameter, der Auskunft darüber gibt, wie sich die Temperaturveränderungen auf die Energienachfrage im Gebäudebereich auswirken, ist die Gradtagzahl. Steigt die Außentemperatur, verringert sich die Gradtagzahl. Es wird angenommen, dass die Veränderungen bei +/- 4% pro °C Temperaturveränderung liegen.

Tab. 3-2. Der Einfluss der klimatischen Faktoren auf den Energieverbrauch

Faktor	Beschreibung	Energetische Auswirkung										
<b>GTZ</b>	GTZ (siehe auch dazu Innentemperatur): Wie bei der Behandlung der Norm-Innerraumtemperatur wird die Änderung der klimatischen Bedingungen in Form der Gradtagzahlen ausgedrückt, d. h. bei steigender Außentemperatur verringert sich dementsprechend die Gradtagzahl.	± 4% pro °C										
<b>Passive Solarenergie</b>	Strahlungsangebot je Standort reicht von 200 kWh/m <sub>2</sub> bis 400 kWh/m <sub>2</sub> (Basis zum Standort: 10° Ost/50° Nord) – Dachneigung	Gewinne bis zu 40%										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="text-align: center;">Korrekturfaktoren bezogen auf Standort und Strahlungsangebot</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Süd</td> <td style="text-align: center;">1,0</td> </tr> <tr> <td>Südost/Südwest</td> <td style="text-align: center;">0,9</td> </tr> <tr> <td>Ost/West</td> <td style="text-align: center;">0,67</td> </tr> <tr> <td>Nord</td> <td style="text-align: center;">0,39</td> </tr> </tbody> </table>			Korrekturfaktoren bezogen auf Standort und Strahlungsangebot	Süd	1,0	Südost/Südwest	0,9	Ost/West	0,67	Nord	0,39
			Korrekturfaktoren bezogen auf Standort und Strahlungsangebot									
	Süd		1,0									
	Südost/Südwest		0,9									
Ost/West	0,67											
Nord	0,39											
Süd	1,0											
Südost/Südwest	0,9											
Ost/West	0,67											
Nord	0,39											

Quelle: Modellrechnungen Wuppertal Institut

Der Parameter hat aber auch Grenzen. Eine Grenze besteht darin, dass nur der Gebäudetemperierungsbedarf in ihm gespiegelt wird, nicht der Warmwasserbedarf, also ein wesentlicher Teil des (stark) temperaturabhängigen Wärmebedarfs in ihm unberücksichtigt bleibt. Seine entscheidende Grenze besteht darin, dass er nicht linear übergeht in ein Maß der zur Gebäudeheizung komplementären Raumkonditionierung,

dem Kühlen. Hier ist auf normierte Parameter zurückzugreifen, die in Ländern, in denen Klimaanlage in Gebäuden verbreitet sind, vermutlich vorliegen.

Aus den Analysen der Wirkungszusammenhänge konnten im Wesentlichen 6 Leitindikatoren für die Entwicklung des Nutzenergiebedarfes identifiziert werden, die die bautechnische Qualität von Neubau und Bestand maßgeblich beeinflussen:

- Transmissionswärmeverluste
- Lüftungswärmeverluste
- Gewinnung passiver Solarenergie
- Wärmeabgabe durch Menschen und Geräte
- Heizgradtage
- Nutzungsverhalten

Abb. 3-8 beschreibt graphisch einen Berechnungsvorgang, der die oben aufgeführten nutzenergetischen Leitindikatoren berücksichtigt. Dabei sind zwei Berechnungsfälle dargestellt.

Im oberen Drittel befinden sich die Bilanzierungen zu den Transmissionswärmeverlusten. Diese werden weitgehend über die U-Werte (früher: k-Wert) gesteuert. Darunter befindet sich der Energieverlust der Lüftungswärme, der sich aus den kontrollierten, durch Lüftung entstehenden, und den unkontrollierten Lüftungswärmeverlusten, die sich aus der Dichtigkeit des Gebäudes ergeben, zusammensetzt. Der letzte Balken ergibt, nach Abzug der inneren Wärmegewinne und der passiven Solarwärmegewinne, die restliche aufzubringende Heizenergie, die durch ein Heizungssystem gedeckt werden muss. Die Berechnungen sind bezogen auf ein Gradtagzahlniveau, das die Wechselwirkung zwischen Innen- und Außentemperatur berücksichtigt.

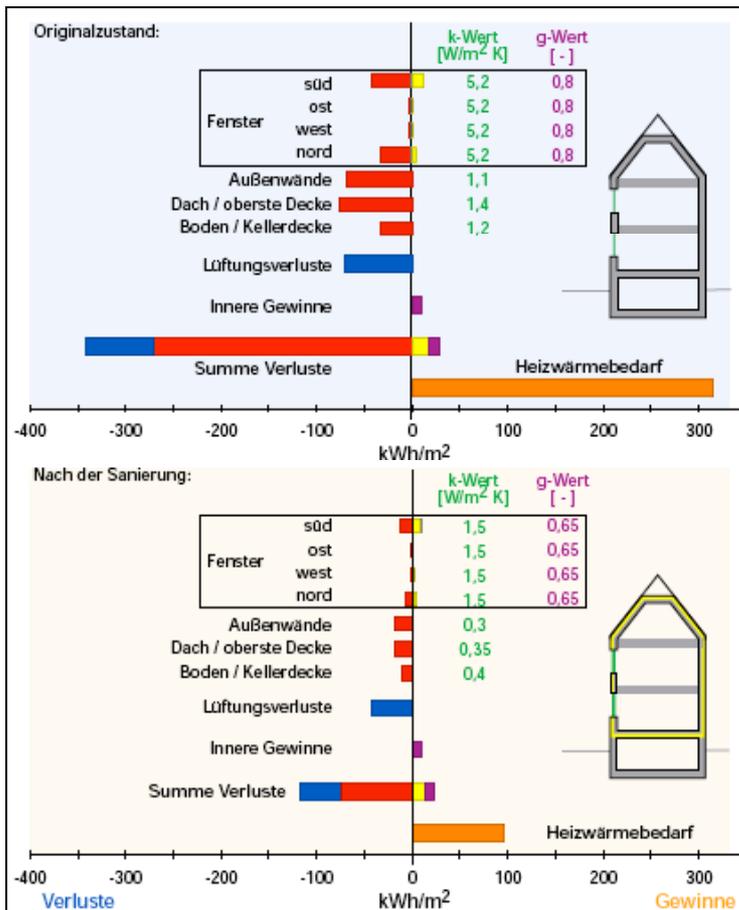


Abb. 3-8. Wärmebilanz eines Mehrfamilienhauses vor und nach einer wärmetechnischen Sanierung (beheizte Wohnfläche 600 m<sup>2</sup>; mittlerer Luftwechsel 1,0 LW/h zu 0,6 LW/h). Eigene Darstellung

Die Steuerung der aufzuwendenden Nutzenergie ist umfassender als die Erreichung von EDL-orientierten Parametern. Im Bereich der Nutzenergie sind im Wesentlichen alle Indikatoren verortet, die die wärmetechnische Qualität eines Gebäudes bestimmen. Daher liegt in diesem Bereich das größte Potenzial zur Reduzierung der Heizenergie durch Politikinstrumente verborgen. Ein Beispiel sind die Wärmeschutzverordnungen, die erstmals 1977 als Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz (Wärmeschutzverordnung – WSVo) eingeführt wurden. Diese Wärmeschutzverordnung wurde 1984 und 1995 novelliert und ist seit dem 01. Februar 2002 durch die Zusammenlegung von Wärmeschutzverordnung (WSVo) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) als Energiesparverordnung eingeführt.

Ein wesentlicher Indikator zur Beeinflussung der Nutzenergie ist der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) eines Bauteils. Dadurch, dass er unmittelbar eine physikalische, energetische Größe für die Durchlässigkeit eines Bauteils darstellt, haben Maßnahmen, die sich direkt an diesem Wert orientieren, auch die direkteste energetische Wirkung.

Der Einfluss der Gradtagzahl (Differenz der Norm-Innen- und Außentemperatur einer Heizperiode) liegt in einem Bereich von  $\pm 4\%$  des Nutzenergiebedarfes je  $^{\circ}\text{C}$ -Veränderung, die Erreichbarkeit ist jedoch nur über eine breite nationale Klimaschutz-offensive indirekt zu gewährleisten. Ferner sind die Reaktionszeiten solcher Maßnahmen im Vergleich zu nationalen Wärmeschutzverordnungen äußerst langsam. Schlussfolgernd ist anzumerken, dass die politische Erreichbarkeit von Zielen durch Maßnahmen auf der Ebene der Nutzenergie im Raumwärmesektor direkt über die Festlegung von Kennwerten und Normen erfolgen kann.

Denkbar ist weiterhin, dass der Klimawandel indirekten Einfluss auf die Energienachfrage über Verhaltensänderungen der Verbraucher ausübt. Dabei ist nicht davon auszugehen, dass das direkte Empfinden der klimatologischen Veränderungen zu anderen Verhaltensweisen führen wird. Vielmehr werden politische Anreizinstrumente, die sich auf die Förderung klimafreundlicher und energiesparsamer Technologien beziehen, zu diesen Veränderungen führen. Die Unterschiede verschiedener Heizsysteme hinsichtlich ihrer Energieintensität geben die Kennzahlen der folgenden Tabellen wieder.

Tab. 3-3. Die technischen Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch

Faktor	Beschreibung			Energetische Wirkung
Wirkungsgrad/ Energieträger	Heizungsanlagen (zur Basis D-IST Gebäude $160 \text{ kWh/m}^2$ )			- 30%
	Heizungsart		$\eta_{EE}$	Primärenergiefaktor $\text{kWh}_{PE}/\text{kWh}_{EE}$
	Brennstoffe	Heizöl EL Erdgas	0,82 0,89 – 1,09	1,1 1,07
	Strom	Mix	1	2,97
	Fernwärme ( $H_u$ )	70% KWK 35% KWK 0% KWK	0,98	0,71 1,1 1,49
	Nahwärme (Erdgas- BHKW)	70% KWK 35% KWK 0% KWK	0,98	0,62 1,03 1,43

Quelle: Modellrechnungen Wuppertal Institut

Tab. 3-4. Der Einfluss der Verhaltensfaktoren auf den Energieverbrauch

Faktor	Beschreibung	Energetische Wirkung		
Innentemperatur	Abweichende Innentemperatur (Norm: 20 °C) Gilt auch für dauerhafte klimatische Veränderung der Außentemperatur in Folge von Langzeiteffekten durch die Erderwärmung u. ä..	± 4% pro °C		
Lüftungswärmeverluste	Lüftungswärmeverluste durch Lüftungsverhalten	5 – 10%		
Benutzungsumfang	Benutzungsumfang (Teilbeheizung/Zonierung der Wohnflächen)	Einsparung über Teilbeheizungsfaktor, bzw. Zonierung: ca. 20 - 30%		
	<b>Benutzungsumfang von Heizsystemen (Prognos '87)</b>			
			EZH	MFH
	FW - Zentralheizung		1,00	0,88
	Öl-Zentralheizung		1,00	0,98
	Gas- Zentralheizung		0,92	1,00
	Kohle- Zentralheizung		0,94	1,00
	Strom- Zentralheizung		1,00	1,00
	Gas-Etagenheizung		0,82	0,98
	Öl-Einzelraum		0,73	1,00
	Gas-Einzelraum		0,73	0,82
	Kohle-Einzelraum		0,45	0,70
	Strom-Einzelraum		0,80	0,76
	Strom-Wärmepumpe		0,98	1
	Gas-Wärmepumpe		0,98	1
	Gas-Brennwert		0,98	1
Solar	1	1		
Biomasse (dezentral)	1	1		

Quelle: Modellrechnungen Wuppertal-Institut

### 3.6.3 Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Biomasse

Erträge der Produktion von Biomasse sind abhängig von der Qualität des Bodens, den Niederschlagsmengen und ihrer zeitlichen Verteilung sowie der Lufttemperatur. Zu untersuchen ist die Frage, inwieweit sich die klimatologischen Veränderungen (negativ) auf die Landwirtschaft auswirken.

Die **Qualität des Bodens** wird ausgedrückt durch die Ackerzahl, auch Ackerwertzahl. Sie geht aus von der Bodenzahl (Vergleichswert zur Bodenbewertung) und zieht zusätzliche Faktoren wie beispielsweise das Klima mit in Betracht. Die Skala reicht von 10 (sehr schlecht) bis 100 (sehr gut), wobei eine Ackerzahl von 50 bedeutet, dass dieser Boden ungefähr die Hälfte des Ertrags eines optimalen Bodens (z. B. in Deutsch-

land: Hildesheimer Börde, Magdeburger Börde) bringt. Flächen mit einer Ackerzahl von unter 20 gelten als landwirtschaftlich kaum noch nutzbar.

Regionen mit qualitativ hochwertigen Böden (Ackerzahl > 64) sind Bördelandschaften in der Mitte des Landes. Angefangen im Westen mit Zülpicher und Jülicher Börde, Übergang zum nördlichen Ruhrgebiet mit Soester Börde, weiter über das südliche Niedersachsen zur Hildesheimer Börde. Die höchsten Bodenwerte finden sich nördlich und östlich des Harzes in der Magdeburger und Querfurter Börde im südlichen Sachsen-Anhalt. Ebenfalls hohe Bodenwerte finden sich im Rheingraben entlang des Schwarzwalds, Pfälzer Wald bis nach Rheinhessen. Darüber hinaus im Kraichgau (nördliches Baden Württemberg) und in der Wetterau (südliches Hessen). Böden mit geringer Qualität finden sich vor allem in der norddeutschen Tiefebene. Szenarien zur **Veränderung der Lufttemperatur** zeigen für die Sommermonate im Zeitraum 2035/2064 eine Erhöhung der Lufttemperatur, die ihr Maximum im äußersten Südwesten mit plus 2,25 - 2,5 °C im Vergleich zum Bezugszeitraum 1961/1990 hat. Die Temperaturerhöhung nimmt nach Norden hin ab.

Szenarien zur **Veränderung der Niederschlagsmengen** zeigen für große Teile der Bundesrepublik für die Sommermonate 2035/2064 eine deutliche Verringerung im Vergleich zu 1961/1990. Betroffen hiervon ist vor allem der Süden des Landes. Die Niederschlagsmengen reduzieren sich hier um 5 bis 20 Prozent, in einigen Regionen um bis zu 30 Prozent. Auch im Nordosten (Mecklenburg-Vorpommern und nördliches Brandenburg) gehen die Niederschläge um 10 bis 20 Prozent zurück. In der Mitte und im Westen des Landes bleiben die Niederschläge in den Sommermonaten konstant; in einigen Regionen wird mit einem geringen Zuwachs der Niederschläge um 5 bis 10 Prozent gerechnet.

Unter den Anwendungen, die auf dem gezielten Anbau von Energiepflanzen basieren, hat Raps für die Produktion von Biodiesel derzeit die größte Bedeutung (Anbau auf rund 9% der gesamten deutschen Ackerfläche). Perspektivisch ist aber abzusehen, dass diese Vorrangposition auf die Nutzung von Biogas übergehen wird (derzeit Belegung von ca. 2,5% der Ackerfläche) ([www.fnr.de](http://www.fnr.de)). In den letzten Jahren ist schon ein zunehmendes Interesse an diesem Energieträger zu beobachten gewesen, der sich vielfältig in den drei Sektoren der Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung einsetzen lässt.

Für die Produktion von Biogas aus fermentativen Prozessen wird (neben der Nutzung von Gülle) vor allem Mais als Substrat verwendet. Weniger häufig kommen Getreide- und Grassilagen zum Einsatz. Dieses Spektrum wird sich längerfristig ausweiten lassen: Bisher weniger beachtete Sorten wie Sorghumhirsen, etwa Sudangras und Zuckerrhirse, sowie Topinambur können zukünftige Energiepflanzen sein.

Der erzielte Pflanzenertrag ist vor allem ein Ergebnis der Bodenqualität und des Niederschlags. Exemplarisch ist für Mais als gängigem Nawaro die Abhängigkeit von Ertrag und Niederschlag während der Vegetationsperiode (Mai bis September) auf drei verschiedenen Böden untersucht worden (Vetter et al, 2007). Der Trockenmasseertrag

nimmt linear mit sinkendem Niederschlag ab. Verringert sich das Wasserangebot von 500 mm um 50% auf 250 mm, wird nur noch die Hälfte bis zwei Drittel des ursprünglichen Ertrags erreicht. Kulturen auf lehmigen Böden reagieren aufgrund der besseren Speicherkapazität etwas weniger stark auf das verringerte Wasserangebot. Die erzielten Erträge sind generell höher als auf sandigen Böden.

Neben dem verfügbaren Niederschlag während der Vegetationsperiode müssen auch Wetterereignisse im Frühjahr und in der Erntezeit berücksichtigt werden. Starkregen etwa kann kleine Pflanzentriebe schädigen, indem diese geknickt werden und sich nicht wieder aufrichten; der Boden kann unterspült und damit schlechter befahrbar werden; die Ernte wird dadurch erschwert.

Der Klimawandel kann aber auch einen positiven Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben. (Weigel et al, 2007) haben in einem mehrjährigen Versuch zur Freiland-Anreicherung von CO<sub>2</sub> verschiedene, teils gegenläufige Effekte einer erhöhten Kohlendioxidkonzentration auf Getreide und Zuckerrüben festgestellt. Da CO<sub>2</sub> als Dünger wirkt, der die Photosynthese anregt, wird die Biomassebildung gesteigert. Während in der Zuckerrübe die Bildung von Zucker gefördert wird, sinkt andererseits die Qualität des Getreides durch einen Rückgang der Rohproteinbildung ab.

Eine Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration auf ca. 550 ppm greift in den Wasserhaushalt der Pflanzen ein. Die Wasserabgabe und damit der Bedarf gehen zurück; gleichzeitig steigt die Oberflächentemperatur der Pflanze an. Zusammen mit einer Erhöhung der Lufttemperatur können kritische Werte erreicht werden, die das Wachstum hemmen.

Insgesamt kann aus dem Ergebnis des Freiland-Anreicherungsversuchs unter günstigsten Bedingungen eine Steigerung der Getreide- und Zuckerrübenenerträge um rund 10% abgeleitet werden. Die Qualität der Erzeugnisse nimmt dabei ab, was aber keine Auswirkung auf die energetische Verwendung hat.

#### **3.6.4 Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Photovoltaik**

Photovoltaik-Anlagen werden ausgelegt nach der solaren Einstrahlung – entsprechende Werte, regional und zeitlich differenziert, gibt der Deutsche Wetterdienst heraus. Zudem ist bekannt, dass der Ertrag von PV-Anlagen negativ beeinflusst wird von der Zelltemperatur. Die Frage ist, inwieweit diese beiden Parameter (nennenswert) beeinflusst sein könnten/werden von den beiden Klimawandel-Parametern ‚Umgebungstemperatur‘ und ‚Niederschlag‘.

Der direkte Temperatureinfluss dürfte gering, der Einfluss der veränderten Wolkenbedeckung auf die Ertragsfunktion von Photovoltaik hingegen bedeutend sein. Die Wolkenbedeckung ist sicherlich verwoben mit den beiden Parametern, der genaue Wirkungszusammenhang ist jedoch im Rahmen dieser Untersuchung nicht darstellbar.

### **3.6.5 Veränderung der Angebots-Erzeugungspotenziale – Windkraft**

Das Thema ‚Abhängigkeit des Erzeugungspotenzials von WEA vom Klimawandel‘ ist inzwischen Kerngebiet der sog. „Energimeteorologie“ geworden. Hier wird herausgegriffen, was im Rahmen regionaler Klimasimulationen seitens des IMK-IFU erarbeitet wurde. In einer Untersuchung zum Thema Wind(höflichkeit) hat Richard Knoche die Zeiträume von 1960 bis 1989 und von 2070 bis 2099 verglichen, hierbei konkret die Windstärken in 10 m Höhe im Jahresmittel. Sein Ergebnis lautet:

Im Betrachtungszeitraum (80 Jahre) wird die Windstärke im Süden Deutschlands etwa gleich bleiben oder leicht abnehmen (0 – 4%); in der Nordhälfte wird sie leicht (0 – 1%) und an der Küste stärker (0 – 3%) zunehmen, an der Ostsee sogar um 3 – 4%.

Die Ergebnisse zu jahreszeitlichen Verschiebungen: Die Sommer, die traditionell ruhigen Monate, werden noch ruhiger; die traditionell windreichen (Winter-)Monate werden noch windreicher werden. Die Modellrechnungen ergeben hier ein Plus von 4% in der nördlichen Hälfte Deutschlands mit Zunahmen um 3% an der Nordsee und bis zu 5% an der Ostsee.

Alternativ gerechnet wurde eine Änderung der Windgeschwindigkeit für den Zeitraum 1975 bis 2085. Die Ergebnisse zeigen vor allem, dass die Windgeschwindigkeit nur direkt an der Küste und über der See (Nord- wie Ostsee) zunimmt. In Norddeutschland bleibt sie in etwa unverändert und erst ab dem Mittelgebirgsriegel geht sie überall zurück, je mehr von der See entfernt, desto deutlicher.

Die jahreszeitliche Verteilung zeigt, dass im Sommer (Juni-August) ein flächendeckender Rückgang der Windgeschwindigkeiten zu erwarten ist.

#### **3.6.5.1 Methodisches Verbesserungspotenzial**

Der Ertrag von Windenergieanlagen wird in Klimafolgenmodellen in 10 m Höhe über dem Boden und nicht in der deutlich höher liegenden Nabenhöhe zu simulieren versucht. Der Grund dafür liegt darin, dass die Simulationsergebnisse direkt in die üblichen Planungskalküle einspeisbar sein sollten, die auf vorliegende Messdaten in 10 m Höhe zurückgreifen. Diese Höhe ergibt sich, weil die Wetterdienstdaten einheitlich auf dieser Höhe vorliegen. Sie werden üblicherweise hochskaliert in den auslegungsrelevanten Bereich der Nabenhöhe. Dieses Verfahren ist in sich problematisch und wird es noch mehr dadurch, dass bei der Hochskalierung die Wetterdienstdaten nur zur Adjustierung verwendet werden, die eigentliche Hochskalierung hingegen an dem Ertrag vergleichbarer gelegener WEA orientiert wird. Dies ist jedoch ein durchschnittliches Maß, in dem die Verteilung der Windverhältnisse in vielfacher Weise ‚verschmiert‘ ist. Hier scheint ein erhebliches Potenzial zur Ertragsoptimierung von WEA durch sachgerechte Auslegung vorzuliegen. Realisieren könnte man es, indem man versucht, die methodischen Grundlagen für eine klimawandelgerechte Auslegung von WEA zu schaffen.

Dass der Ertrag von Windenergieanlagen in Klimafolgenmodellen in 10 m Höhe über dem Boden zu simulieren versucht wird, ist nicht naheliegend, da für die Auslegung

von WEA Daten benötigt werden, die deutlich höher liegen. Die Variabilität der Windverhältnisse in 10 m Höhe bildet nur unzureichend die Variabilität in ca. 100 m Höhe ab. Zudem nimmt die Verlässlichkeit der in Klimafolgenmodellen generierten Daten mit zunehmender Nähe zur Erdoberfläche deutlich ab – denn deren exakte Orografie (Hügeligkeit, Höhenlinien etc.) gewinnt verständlicherweise an Einfluss, ist aber in den Modellen nicht berücksichtigt bzw. nicht berücksichtigbar. Naheliegender wäre es, die Windcharakteristik auf Nabenhöhe anzugeben, was mit wachsender Größe der Anlagen auch immer besser möglich ist. Wichtig ist dies insbesondere deswegen, weil der Windertrag der WEA von der Windstärke abhängig ist, und das in erheblicher Sensitivität – in Abhängigkeit von der 3. Potenz (!) der Windgeschwindigkeit. Bei mäßigen Windverhältnissen, also typisch für deutsches Binnenland, entspricht 1% Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit etwa 3% Änderung im Energieertrag (in linearisierter Form entspricht das in etwa einer Wiedergabe in der dritten Potenz). Was für den Meteorologen eine "leichte Abnahme" der mittleren Windgeschwindigkeit in Höhe von nur 0-4% ist, ist für die Windenergie im Binnenland eine Abnahme der Energieausbeute von möglicherweise über 10%, also wirtschaftlich erheblich. Jedoch gilt: Je niedriger die mittlere Windgeschwindigkeit ist, desto stärker die ist Änderung am Energieertrag wegen der Nichtlinearität der Leistungskennlinie. Diese hohe Sensitivität der Zusammenhänge stellt hohe Anforderungen an die Grundlagen, von denen man die Änderungen in Zukunft, unter dem Einfluss des merkbar werdenden anthropogenen Klimawandels, ableiten möchte.

Der Hinweis auf die Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit gilt auch im Hinblick auf die Klimaänderung: Wegen der Nichtlinearität des Leistungsverhaltens der WEA (s. o.) führt eine Zunahme an starken Stürmen zu keiner Erhöhung der Energieausbeute, während z. B. eine Zunahme an mäßigen Stürmen mit gleichzeitiger Zunahme an Flauten bei gleicher mittlerer Windgeschwindigkeit eine deutliche Erhöhung der Energieausbeute bedeuten würde. Es ist also wichtig, zu wissen, wie sich die Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit ändern können. Wenn man es weiß, kann man die Anlagenauslegungen anpassen. Die Branche kann innerhalb von wenigen Jahren auf Veränderungen reagieren. Die Kenntnis der Windverhältnisse in 50 Jahren ist bei Auslegungsliebensdauern von 20 Jahren unerheblich.

Es ist jedoch nicht nur der Ertragsaspekt, unter dem die klimawandelbedingten Änderungen zu sehen sind. Eine bessere Kenntnis der Zunahme klimawandelbedingter Starkwindereignisse in Zukunft, auch bereits für die kommenden 20-30 Jahre, ist auslegungsrelevant. Falls WEA drohten umzufallen, wäre dies eine ausgesprochen schlechte Empfehlung für den Ausbau dieser Energiequelle – dieses systemische Risiko hätte Konsequenzen für die Sicherheit der Elektrizitätsversorgung und die Regeln der Reservebereitstellung im Kraftwerkspark.

Das unter KomPass bereitgestellte Material stellt nicht direkt die erwartbare Änderung der Windgeschwindigkeit über Deutschland dar. Ob auf sie aus den Parametern, die errechnet wurden, zu schließen erlaubt und möglich ist, wurde hier bislang nicht näher

geprüft. Die Nutzerdatenbank des UBA zu KomPass enthält bislang einen Eintrag, mit dem gemeldeten Unternehmen wurde bislang kein Kontakt aufgenommen.

### 3.7 Kritische Ressourcen

Rohstoffe sind die Basis aller Güter und Technologien. Das gilt für herkömmliche Technologien, etwa heutige Wärmekraftwerke, genauso wie für Zukunftstechnologien. Von der Verfügbarkeit bestimmter Rohstoffe kann daher auch die breite Etablierung von Technologien abhängen.

Rohstoffe unterscheiden sich auf vielfältige Weise. Sie werden in großen oder kleinen Mengen gewonnen, sie sind global verteilt oder können nur in wenigen Regionen gewonnen werden, sie sind knapp oder reichlich vorhanden und sie können einfach substituiert werden oder auch nicht. Im Zusammenspiel dieser Aspekte entwickelt sich auch die Einführung neuer Technologien wie etwa die breite Einführung der erneuerbaren Energien.

Ziel der Analyse ist es, kritische oder potenziell kritische Ressourcen im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien zu identifizieren. Kritisch bezieht sich hierbei auf die Verfügbarkeit der Ressourcen, nicht auf möglicherweise kritische Umweltaspekte bei der Gewinnung und Nutzung dieser Stoffe. Die Betrachtung wird sich dabei fast ausschließlich auf chemische Elemente beziehen. Zwar kann auch die Verfügbarkeit von Mineralien (z. B. Diamant) oder Gesteinen (z. B. Kaolin) die Umsetzung technologischer Optionen bestimmen, im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien wurden jedoch keine solchen Fälle identifiziert. Dies bedeutet natürlich nicht, dass es auch in anderen Fällen zutreffend ist oder auch für andere, derzeit nicht diskutierte, erneuerbare Energien zutreffen muss.

Methodisch erfolgt die Identifizierung durch eine qualitative Analyse möglicher kritischer Ressourcen, fallweise ergänzt um quantitative Abschätzungen. Eine alleinige Bezugnahme auf statische Reichweiten<sup>128</sup> erscheint aufgrund der Systembrüche und damit verbundenen Nachfrageänderungen, die der Ausgangsfrage zugrundeliegen, in aller Regel nicht zielführend. Die Erstellung dynamischer Szenarien der Nachfrageentwicklung hätte hingegen den Umfang der Untersuchung bei weitem überschritten.

#### 3.7.1 Eingrenzung des Untersuchungsrahmens

Erneuerbare Energien umfassen Wasserkraft, Windkraft, Sonnenenergie, Geothermie und Biomasse jeweils in unterschiedlichen Varianten. Hinzu kommt, dass erneuerbare Energien für eine breitere Markteinführung insbesondere auch auf Speichertechnologien angewiesen sind, die mitbetrachtet werden.

---

<sup>128</sup> Die statische Reichweite gibt die Zeitspanne an, für die die bekannten weltweiten wirtschaftlich förderbaren Vorkommen eines Rohstoffs bei konstantem Verbrauch auf aktuellem Level reichen würden.

Viele Technologien für erneuerbare Energien basieren auf Konstruktionswerkstoffen, die in großen Mengen für vielfältige Anwendungen hergestellt werden. Das trifft etwa auf Wasserkraft, Windkraft oder Geothermie zu, bei denen vor allem Stahl, Beton, Aluminium, Kupfer oder Faserverstärkte Kunststoffe zum Einsatz kommen. Aufgrund der insgesamt sehr großen Produktionsmengen für diese Stoffe ist nicht davon auszugehen, dass durch die verstärkte Einführung erneuerbarer Energien eine so wesentliche Nachfragesteigerung erfolgt, dass hierdurch die Verfügbarkeit nennenswert beeinflusst wird.

Sehr viel offener ist die Frage dort, wo nicht in großen Mengen verfügbare Konstruktionswerkstoffe, sondern häufig nur in sehr viel geringeren Mengen verfügbare Funktionswerkstoffe eingesetzt werden. Das trifft insbesondere auf die Photovoltaik zu, mit Einschränkungen auch auf die Nutzung von Biomasse, vor allem aber auch für die Speichertechnologien und verbundenen Technologien wie Batterien und Brennstoffzellen. Die Untersuchung wird sich daher im Schwerpunkt auf diese Funktionswerkstoffe konzentrieren.

### **3.7.2 Definition des Begriffs Kritische Ressourcen**

Infolge der stark gestiegenen Rohstoffnachfrage und Rohstoffpreise bis zu Beginn der „Finanzkrise“ Mitte 2008 gab es in den letzten Jahren eine Reihe von Untersuchungen (Frondelet et al. 2007; National Research Council 2008; Angerer et al. 2009), die sich kritisch mit einer möglichen Verknappung einzelner Ressourcen auseinandergesetzt haben. Hinsichtlich der Fragestellungen und Aussagen waren die verschiedenen Studien sehr unterschiedlich ausgerichtet. Eine in allen Studien zentrale Frage lautete jedoch, wann eine Ressource als kritisch einzustufen sei.

In der vorliegenden Analyse werden Ressourcen dann als kritisch eingestuft, wenn ihre Verfügbarkeit nicht gesichert werden kann, weil die Vorräte nicht ausreichend sind oder weil extrem hohe Abhängigkeiten von einzelnen Fördernationen bestehen (und diese Abhängigkeiten auch nicht abgebaut werden können) und wenn die Ressourcen für die untersuchten Technologien benötigt werden und keine Substitution möglich erscheint.

### **3.7.3 Wichtige Rohstoffe und Funktionsmaterialien im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien.**

#### **3.7.3.1 Photovoltaik**

In der Photovoltaik kommt eine Reihe unterschiedlicher Elemente zum Einsatz. Bisher wird die Photovoltaik von anorganischen Photovoltaikmodulen dominiert, die organische Photovoltaik wird daher nicht betrachtet. In unterschiedlichen Zellentypen kommen unter anderem

- Silizium (**Si**)

- Germanium (**Ge**)
- Gallium (**GaAS**, **CuInGaSe**, **GaN**)
- Stickstoff (**GaN**)
- Cadmium (**CdTe**, **CdS**)
- Schwefel (**CuInS**, **CdS**)
- Phosphor (Dotierung)
- Bor (Dotierung)
- Indium (**CuInGaSe**, **CuInS**)
- Kupfer (**CuInGaSe**, **CuInS**)
- Selen (**CuInGaSe**)
- Tellur (**CdTe**, **SbTe**)
- Antimon (**SbTe**)
- Arsen (**GaAs**)

zum Einsatz. Diese chemischen Elemente sind sehr unterschiedlich gut verfügbar. Völlig unkritisch ist die Situation beim Silizium, dessen Verfügbarkeit bei einem Massenanteil an der Erdkruste von 27,6% allenfalls durch Produktionskapazitäten begrenzt ist. Obwohl der Massenanteil mit 0,3% erheblich geringer ist, darf auch Stickstoff als wichtigster Bestandteil der Erdatmosphäre als praktisch unbegrenzt verfügbar angesehen werden (Petzold 1991; Fluck, Heumann 1999).

Im Rahmen dieser Untersuchung wird auch die Verfügbarkeit von Schwefel, Phosphor, Bor und Kupfer als unkritisch angesehen, da ähnlich wie bei den Konstruktionswerkstoffen andere Verwendungen bei weitem überwiegen und keine nennenswerte zusätzliche Nachfrage durch erneuerbare Energien entstehen wird.

### **3.7.3.2 Biomasse**

Bei der Nutzung von Biomasse kommen nur in einzelnen Anwendungen Stoffe zum Einsatz, deren Verfügbarkeit möglicherweise kritisch ist. Hiervon betroffen sein können Katalysatoren, wie sie etwa bei der Fischer-Tropsch-Synthese zur Kraftstoffsynthese aus Biomasse eine Rolle spielen (méo 2006).

### **3.7.3.3 Brennstoffzellen**

Brennstoffzellen können eingesetzt werden, um aus Gasen wie etwa Methan (z. B. aus Biogas) oder Wasserstoff elektrische Energie zu erzeugen. Wasserstoff und Biogas sind mögliche Speicher für regenerativ erzeugte Energien, insofern stellen Brennstoffzellen ein mögliches Element in einem komplexeren System der Nutzung erneuerbarer Energien dar.

Es gibt zahlreiche verschiedene Typen von Brennstoffzellen, die jeweils unterschiedliche Materialien benötigen. Mit Fokus auf Rohstoffe besonders interessant sind Polymerelektrolytbrennstoffzellen (PEMFC), bei denen insbesondere Metalle der Kobalt- und Nickelgruppe bzw. der 9. und 10. Gruppe des Periodensystems zum Einsatz kommen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Platinmetalle (Pt, Ru, Pd).

Daneben kommen insbesondere in Festoxidbrennstoffzellen Materialien zum Einsatz, deren Verfügbarkeit nicht offensichtlich als unkritisch einzuschätzen ist. In Festoxidbrennstoffzellen kommen z. B. yttriumdotiertes Zirkoniumoxid und strontiumdotiertes Lanthanmanganat zum Einsatz.

Beide Brennstoffzellentypen werden im Folgenden betrachtet. Unberücksichtigt bleiben hingegen alkalische Brennstoffzellen, Direktmethanolbrennstoffzellen (DMFC), Phosphorsäurebrennstoffzellen (PAFC) und Schmelzkarbonatbrennstoffzellen (MCFC). Ausschlaggebend hierfür sind, neben den eingesetzten Stoffen, insbesondere auch der derzeit noch geringe Wirkungsgrad und die geringe Lebensdauer dieser Zellentypen, die einem breiteren Einsatz entgegenstehen.

#### **3.7.3.4 Batterietechnologien**

Ähnlich wie Brennstoffzellen können Sekundärbatterien Bestandteil von Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energien sein. Die wichtigsten chemischen Elemente, die in Sekundärbatterien zum Einsatz kommen, sind:

- Cadmium
- Blei
- Antimon
- Nickel
- Lithium

#### **3.7.4 Ausgewählte Ressourcen**

##### **3.7.4.1 Arsen**

Arsen wird derzeit überwiegend in Holzschutzmitteln eingesetzt. Der Einsatz von Arsen wird aufgrund seiner Giftigkeit jedoch zunehmend durch gesetzliche Bestimmungen im Holzschutz und in den meisten anderen Anwendungen eingeschränkt. Die Verwendung von Arsen ist daher deutlich rückläufig (Brooks 2009). Eine verbleibende Anwendung für Arsen ist die Herstellung von Halbleitern auf der Basis von Galliumarsenid (GaAs). GaAs wird in Leuchtdioden, integrierten Schaltkreisen und in der Photovoltaik eingesetzt.

Arsen wird als Nebenprodukt bei der Erzeugung von Nicht-Eisen-Metallen gewonnen. Im Jahr 2003 erreichte die Weltproduktion mit rund 69.700 t ihren Höhepunkt und ist seitdem auf 53.500 t im Jahr 2008 gefallen (USGS 2008; USGS 2009). Die als Neben-

produkt gewinnbare Arsenmenge wird als ausreichend angesehen, um den absehbaren Bedarf zu decken (Brooks 2009).

#### **3.7.4.2 Cadmium**

Cadmium wird für erneuerbare Energie-Technologien und in begleitenden Technologien an verschiedenen Stellen eingesetzt. In der Photovoltaik wurde Cadmium früh in Cadmiumsulfid-Zellen (CdS) eingesetzt, sie haben jedoch heute keine Bedeutung mehr. Aktuell wird Cadmium für Cadmiumtellurid-Zellen (CdTe) diskutiert. Daneben ist Cadmium vor allem für Nickel-Cadmium Sekundärbatterien wichtig. Der Einsatz in Sekundärbatterien dominiert die derzeitige Verwendung von Cadmium. Auch wenn es inzwischen leistungsfähigere Akkumulatoren gibt, wird NC-Akkus immer noch eine mögliche Rolle bei der Energiespeicherung zugesprochen (Tolcin 2009).

Die Verwendung von Cadmium ist zuletzt, auch aufgrund seiner Giftigkeit und damit verbundenen gesetzlichen Regelungen, zurückgegangen. Die höchste Produktionsmenge wurde 1988 mit 21.900 t erreicht (USGS 2008). Seither ist die Cadmiumförderung unter einigen Schwankungen leicht abnehmend und hat in 2008 noch 20.800 t erreicht (USGS 2009).

Cadmium wird als Nebenprodukt der Zinkverhüttung erzeugt. Zinkerze enthalten rund 0,3% Cadmium. Damit ergeben sich alleine aus dieser Quelle Cadmiumressourcen von rund 6 Mio. t. Die Reserven werden mit 490.000 t angegeben (USGS 2009).

Die Rohstoffbasis von Cadmium wird daher als ausreichend angesehen, zumal in wichtigen Anwendungen bereits Verwendungseinschränkungen erfolgen, wie etwa durch die Begrenzung des Cadmiumgehalts von Kunststoffen durch die Chemikalienverbotsverordnung in Deutschland. Vergleichbare Regelungen gibt es in der gesamten EU und sie erscheinen auch außerhalb Europas möglich.

#### **3.7.4.3 Kupfer**

Aufgrund seiner guten Leitfähigkeit wird Kupfer insbesondere in der Elektrik und Elektronik eingesetzt. Eine besondere Abhängigkeit erneuerbarer Energie-Technologien von Kupfer ist nicht erkennbar. Für den Bau von Stromleitungen und die Verteilung von Elektrizität ist Kupfer jedoch generell (fast) unverzichtbar und in der praktischen Anwendung allenfalls durch Aluminium in einem begrenzten Umfang substituierbar.

Die Verfügbarkeit von Kupfer, insbesondere die regionale Verfügbarkeit, ist nicht unkritisch. Der Bedarf an Kupfer sollte jedoch auf absehbare Zeit gesichert sein.

Die Nachfrage nach und die Produktion von Kupfer hat kontinuierlich zugenommen und in 2007 inzwischen einen Wert von über 15 Mio. t erreicht (USGS 2009).

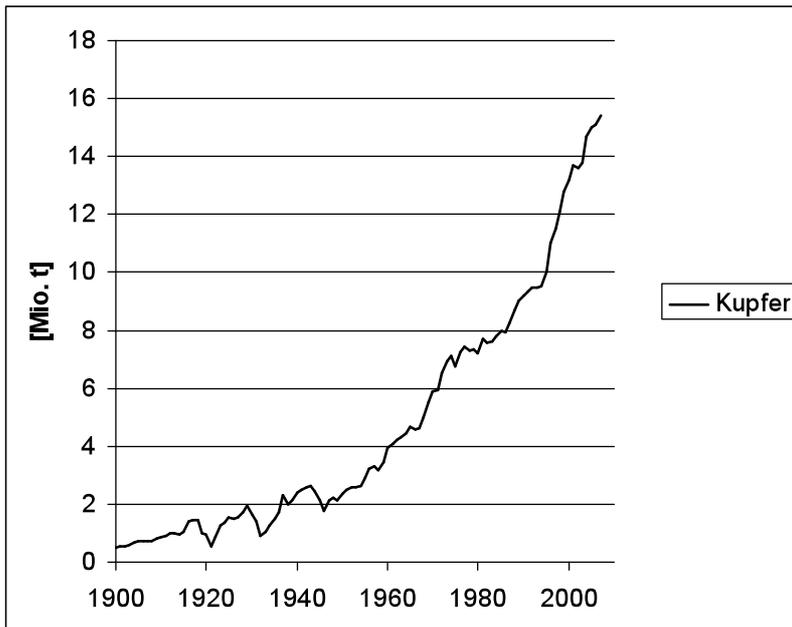


Abb. 3-9. Entwicklung der globalen Produktionsmengen von Kupfer. Die Daten umfassen die primäre und sekundäre Produktion. USGS 2009

Die zunehmende Durchdringung von Produkten mit Elektronik und der steigende Wohlstand in Schwellenländern führen zu einem kontinuierlich steigenden Bedarf an Kupfer. Daneben kommt Kupfer auch als Strukturwerkstoff und Legierungselement (Messing und Bronze) zu Einsatz.

Die Kupferlagerstätten sowie die Förderung sind global sehr ungleich verteilt. Rund ein Drittel der Förderung im Jahr 2008 (5,6 Mio. t von insgesamt 15,7 Mio. t) und der Reserven sind alleine in Chile verortet, andere wichtige Fördernationen sind die USA, Peru, China, Australien und Russland. In Europa gibt es nur noch in Polen eine bedeutende Förderung mit rund 0,43 Mio. t pro Jahr (USGS 2009).

Die gesamten Vorräte an Kupfer werden auf rund 3.000 Mio. t geschätzt, es werden jedoch nur rund 550 Mio. t den Reserven zugerechnet. In Deutschland wird derzeit kein Kupfererz gefördert. Für die Lagerstätten bei Spremberg-Graustein in Südbrandenburg sind jedoch 2008 die Bergbaurechte vergeben worden (LBGR 2008). Die Lagerstätten enthalten mindestens 1,5 Mio. t Kupfer, wobei jedoch von Abbauverlusten von bis zu 20% auszugehen ist (Kopp et al. 2006). Im europäischen Maßstab handelt es sich bei der Lagerstätte von Spremberg-Graustein um eine bedeutende Lagerstätte, im Weltmaßstab ist sie jedoch eher klein.

Aufgrund der insgesamt großen Vorräte sind weder kurz noch mittelfristig beim Kupfer länger andauernde Engpässe zu erwarten. Es kann jedoch insbesondere aufgrund beschänkter Förderkapazitäten zu vorübergehenden Engpässen und Preissteigerungen kommen, wie sie in den Jahren 2006-2008 beobachtet werden konnten (vgl. Abb. 3-10).

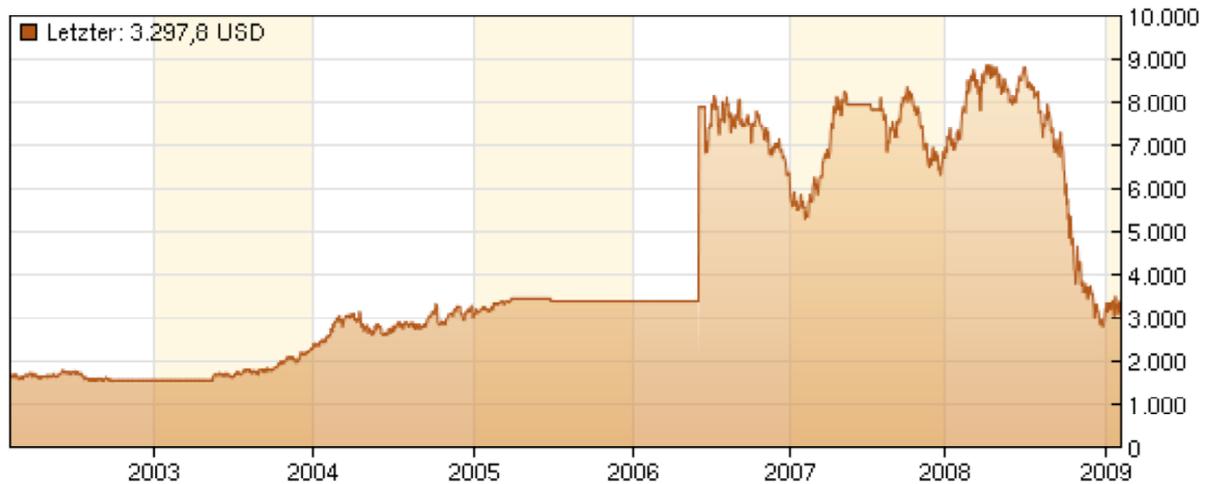


Abb. 3-10. Preisentwicklung bei Kupfer. Goldman Sachs 2009

Kupfer ist daher, auch wenn die Vorräte ausreichend erscheinen, ein kritischer Rohstoff. Es kann jedoch im Vergleich zur konventionellen Energieerzeugung keine besondere Abhängigkeit erneuerbarer Energien von Kupfer festgestellt werden. Allenfalls kann als kritisch angesehen werden, dass die Mehrzahl der erneuerbaren Energien der Elektrizitätserzeugung dienen und somit eine Abhängigkeit von Stromleitern haben - und damit von Kupfer.

#### 3.7.4.4 Gallium

Gallium ist ein Element, das für die Photovoltaik von erheblicher Bedeutung sein kann. GaAs und GaN kommen sowohl in der Photovoltaik als auch in LED zur Anwendung. Ein zusätzlicher Bedarf an Gallium entsteht durch den Einsatz von GaAs als Halbleiter in Integrierten Schaltungen (ICs) von Mobiltelefonen. Gallium steht damit in einem starken Wettbewerb zum Silizium. Im Gegensatz zu Silizium ist Gallium jedoch nur begrenzt verfügbar. Die ökonomisch einzig verfügbare Rohstoffquelle für Gallium sind die Laugen des Bayer-Verfahrens zur Aluminiumhydroxidherstellung. Damit hängt die maximale Verfügbarkeit von Gallium unmittelbar von der Aluminiumproduktion ab. Der Galliumgehalt der Lösungen im Bayer-Verfahren hängt vom Galliumgehalt im Bauxit (0,003 und 0,008% (Durchschnittlich 50 ppm nach USGS)) und den Extraktionsbedingungen ab. Böhmitreiche Bauxite<sup>129</sup> benötigen höhere Extraktionstemperaturen, ihre Extraktion ist daher mit einem höheren Energieverbrauch verbunden. Aufgrund der höheren Prozesstemperaturen kommt es jedoch zu einer weitergehenden Lösung des Galliums, weshalb der Galliumgehalt dieser Lösungen höher ist (Greber 1989). Aufgrund des geringeren Energieverbrauchs werden derzeit jedoch böhmitarme Bauxite bevorzugt. Die anderen denkbaren Galliumrohstoffe (Zinkerze, Phosphat) sind heute

<sup>129</sup> Böhmit ( $\gamma$ -AlO(OH)) ist eines von mehreren wichtigen aluminiumhaltigen Mineralen in Bauxit, andere sind Gibbsit ( $\gamma$ -Al(OH)<sub>3</sub>) und Diaspor ( $\alpha$ -AlO(OH))

ohne jede wirtschaftliche Bedeutung. Nachteilig dürfte hier insbesondere sein, dass bei den Zinkerzen kein mit dem Bayer-Verfahren vergleichbarer nasschemischer Aufschluss erfolgt und eine Gewinnung des Galliums daher noch aufwendiger ist.

Bei der heutigen Bauxitgewinnung von 205 Mio. t im Jahr 2008 ergibt sich eine theoretische maximale Galliumprimärproduktion von 6.150-16.400 t Gallium pro Jahr. USGS geht von Galliumressourcen in Bauxit von mehr als 1 Mio. t und ebenfalls über 1 Mio. t in Zinkerzen aus. Dem stand im Jahr 2008 eine geschätzte Primärproduktion von lediglich 95 t gegenüber, die Kapazität der Primärproduktion wurde zeitgleich auf 184 t geschätzt. Es ist daher noch ein erhebliches Potenzial für die intensivere Nutzung von Gallium vorhanden.

Gallium wird jedoch sowohl für den Einsatz in LEDs als auch in der Photovoltaik diskutiert. So bestehen einige der derzeit effizientesten Solarzellen ( $\eta = 40,8\%$ ) aus Gallium-Indium-Phosphid und Gallium-Indium-Arsenid (USGS 2009). Andere Mehrfachsolarzellen setzen Germanium- und Galliumverbindungen ein und erreichen einen Wirkungsgrad von bis zu 41,1% (SZ 2008).

Vergleicht man die maximal verfügbaren Mengen von Gallium (weltweit max. 16.400 t pro Jahr) mit den Produktionsmengen des Halbleiters Silizium (2006 alleine in den USA 18.500 t (USGS 2008)), wird klar, dass die Verfügbarkeit von Gallium ein limitierender Faktor sein kann, wenn Gallium in großem Maßstab in der PV und in LED eingesetzt werden soll, denn bisher wird ein großer Teil des Halbleiters Silizium noch für die Herstellung von Mikrochips verwendet. Ein deutlicher Ausbau der Photovoltaik würde weit größere Mengen an Halbleitermaterial benötigen.

Verbunden damit, dass Gallium nur als Nebenprodukt gewonnen wird, ergibt sich eine besondere Verfügbarkeitssituation, die sich auch in der (möglichen) Preisentwicklung widerspiegeln kann. Sobald die maximale Produktion aus Bauxit erreicht ist, werden die Grenzkosten für weiteres Gallium überproportional hoch, da mit vorhandener Technologie kein weiteres Gallium verfügbar gemacht werden kann und die Alternativen zur Galliumgewinnung sehr viel aufwändiger sind.

Gallium ist derzeit hinsichtlich seiner Verfügbarkeit aus Bauxiten kein kritischer Rohstoff. Bei einer intensiven Nutzung von Gallium könnten jedoch rasch Grenzen der Verfügbarkeit erreicht werden. Die begrenzte Verfügbarkeit von Gallium ist jedoch voraussichtlich unkritisch, da es in der Photovoltaik siliziumbasierte Alternativen gibt und die Verfügbarkeit von Silizium unter jeder vernünftigen Annahme als unkritisch gelten darf.

#### **3.7.4.5 Germanium**

Aus Germanium waren die ersten Halbleiter, bis sie von Silizium abgelöst wurden. Germanium wird auch als Element in Solarzellen diskutiert, daneben kommt es als Halbleiter auch in Radaranlagen und Transistoren zur Anwendung.

Daneben hat Germanium noch mehrere andere Verwendungen.

Germaniumoxid ist neben dem  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$  und  $\text{Sb}_2\text{O}_5$  einer von nur insgesamt sechs Netzwerkbildnern in Gläsern. Im Vergleich zu anderen Gläsern weisen insbesondere bleihaltige  $\text{GeO}_2$ -Gläser im Infrarotbereich eine höhere Transparenz auf und sind daher in der Infraroptik (z. B. Nachtsichtgeräte) nur schwer, etwa durch Gläser auf Chalkogenidbasis zu ersetzen. Beachtet werden muss hierbei zusätzlich, dass auch die alternativ in der Infraroptik eingesetzten Chalkogenidgläser ebenfalls häufig Germanium enthalten und beträchtlich schlechtere Eigenschaften aufweisen (Vogel 1992; Fanderlik 1983). Aufgrund des gegenüber  $\text{SiO}_2$  erhöhten Brechungsindex ist Germanium aber auch in der Faseroptik zur Herstellung von Gradientenfasern kaum entbehrlich.

Außerdem wird Germaniumdioxid auch als Katalysator bei der Herstellung von Polyesterfasern und PET eingesetzt (USGS 2008).

Germanium wird derzeit ausschließlich als Nebenprodukt erzeugt. Es wird aus Zink und Blei-Zink-Kupfer Erzen gewonnen. Daneben enthalten eine Reihe von Flugaschen aus Kohlekraftwerken Germanium (USGS 2009). Der Germaniumgehalt der Flugaschen hängt vom Germaniumgehalt der eingesetzten Kohlen ab und ist stark schwankend. Germanium kommt insbesondere in amerikanischen und australischen Kohlen vor (Pohl 2005). Die Germaniumproduktion ist ausgesprochen gering. In 2008 betrug sie nur 105 t. Nach Angaben des USGS deckt die Förderung gegenwärtig nicht den Bedarf an Germanium. Die Reserven an Germanium werden vom USGS nicht angegeben (Gubermann 2009).

Aufgrund der geringen Förderung und der schlechten Substituierbarkeit ist die Verfügbarkeit von Germanium als kritisch zu bewerten. Das deckt sich auch mit den Ergebnissen von (Angerer et al. 2009 und Frondel et al. 2007). Eine wesentliche Ausweitung der Nutzung von Germanium scheint kaum möglich. Die geringen verfügbaren Mengen sprechen gegen eine verstärkte Anwendung von Germanium in der Photovoltaik, insbesondere auch, da es sich bei den anderen Anwendungen von Germanium um Anwendungen mit begrenzten Substitutionsmöglichkeiten handelt, die zudem ausgesprochen wenig preissensibel sind. Insofern wird Germanium in der Photovoltaik vorhersehbar keine relevante Rolle spielen können. Die in (Angerer et al. 2009) angenommene starke Nachfrage nach Germanium aus der Photovoltaik wird daher als ausgesprochen unwahrscheinlich angesehen, insbesondere da, wie bereits beim Gallium beschrieben, mit Silizium eine praktisch unbegrenzt verfügbare Alternative vorhanden ist.

#### **3.7.4.6 Indium**

Als Indiumzinnoxid wird Indium bei der Beschichtung von TFT-Bildschirmen mit einer transparenten und leitfähigen Beschichtung genutzt. Indium wird daneben auch als ein Substitut für Blei in Loten eingesetzt. Im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien kommt Indium als Verbindungshalbleiter in verschiedenen Solarzellentypen zum Ein-

satz, zugleich wird es auch in anderen Anwendungen als Halbleiter eingesetzt (LEDs, ICs).

Indium ist ein weit verbreitetes Spurenelement, das jedoch nur in Zinn- und Zinkerzen in Konzentrationen bis 1.000 g/t vorkommt (Pohl 2005). Indium wird überwiegend als Nebenprodukt bei der Zinkverhüttung gewonnen. Die Weltproduktion lag 2008 bei 568 t (Tolcin 2009b).

Es ist unklar, ob der Bedarf an Indium bei steigender Nachfrage gedeckt werden kann, da einer steigenden Nachfrage ein nur langsam wachsendes Angebot gegenübersteht, dass auch nicht schnell gesteigert werden kann (Tolcin 2009b). Es muss daher davon ausgegangen werden, dass ein verstärkter Einsatz von Indium in der PV nicht möglich sein wird, sondern es zu einer Verknappung und erheblichen Preissteigerungen kommen kann. Ähnlich wie beim Gallium und Germanium dürfte eine beschränkte Verfügbarkeit von Indium jedoch den Ausbau der Photovoltaik kaum behindern. Die gut verfügbare Alternative ist auch in diesem Fall Silizium.

### **3.7.5 Seltene Erden**

#### **3.7.5.1 Selen**

Wichtigster Nutzer von Selen ist die Glasindustrie, wo es als wirksamstes Entfärbungsmittel zum Einsatz kommt und bisher kaum substituiert werden kann (George 2009). Daneben wird Selen u. A. auch für die Glasbeschichtung und bei der Produktion von Mangan eingesetzt. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit von Selen liegt in der Photovoltaik, wo es z. B. bei der Herstellung von Dünnschichtzellen auf der Basis von Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid ( $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ ) eingesetzt werden kann (George 2009).

Als Seltenes-Erden-Metall ist Selen zwar nicht selten, kommt jedoch nicht lagerstättenbildend vor. Es wird daher nur als Nebenprodukt, insbesondere bei der Kupferraffination, gewonnen. Bisher werden nicht die möglichen Selenmengen aus den Schlämmen der Kupferraffination gewonnen, Produktionssteigerungen sind also möglich (George 2009). Einer Produktion von 1.590 t Selen im Jahr 2008 stehen Reserven von 86.000 t gegenüber (USGS 2009). Eine Steigerung der Selenproduktion erscheint möglich, sollte jedoch nicht überschätzt werden, da die verfügbaren Selenmengen von der Produktion anderer Materialien abhängen.

Für die Photovoltaik wird Selen nicht als kritisch angesehen, da es wie andere Materialien auch durch Silizium substituiert werden kann.

#### **3.7.5.2 Tellur**

Tellur gehört ebenso wie Selen zu den Seltenen-Erden-Elementen, es kann in der Photovoltaik eingesetzt werden. Tellur wird ebenfalls überwiegend als Nebenprodukt der Kupferraffination gewonnen (George 2009). Die Konzentration von Tellur in den

Erzen und damit seine Verfügbarkeit ist jedoch deutlich geringer als die von Selen. Die Reserven werden weltweit mit nur 22.000 t angegeben (USGS 2009).

Aufgrund der insgesamt geringen verfügbaren Menge wird Tellur daher keine wesentliche Rolle in der Photovoltaik spielen können.

### 3.7.6 Glas- und Glasrohstoffe

Glas kommt bei erneuerbaren Energien vor allem für die Nutzung von Solarenergie zum Einsatz. Es wird für Deckgläser und Röhren in der thermischen Solarenergie und für Deckgläser und als Substrat in der Photovoltaik eingesetzt. Die Verfügbarkeit der wichtigsten Glasrohstoffe ist grundsätzlich gesichert. Für die wichtigsten Rohstoffe (Quarzsand, Feldspat und Kalk) sind die Vorräte so groß, dass vom USGS keine Angaben zu den Reserven und Ressourcen gemacht werden. Für andere Rohstoffe wird eine statische Reichweite von 230 Jahren (Pottasche) bis zu über 500 Jahren (Soda) angegeben (USGS 2009). Kritischer kann die Situation jedoch bei bestimmten z. B. eisenarmen Qualitäten dieser Rohstoffe aussehen.

Auf die Notwendigkeit (oder Vorteilhaftigkeit) des Einsatzes eisenarmer Rohstoffe für die Deckgläser in der Photovoltaik wurde mehrfach hingewiesen (Iken 2008/Podewils 2008). Zudem wurde darauf hingewiesen, dass das heute dominierende Verfahren der Flachglasherstellung, das Floatverfahren, im Vergleich zum deutlich älteren und preiswerteren Walzglasverfahren weniger geeignet ist, um Deckgläser für die Photovoltaik herzustellen (Podewils 2008). Diese Einschätzung überrascht zunächst, da die stoffliche Zusammensetzung der Gläser praktisch identisch ist. Hinsichtlich ihrer Transparenz unterscheiden sie sich jedoch dennoch signifikant. Ursache ist, dass Eisen ein polyvalentes Element ist und in Gläsern in unterschiedlichen Wertigkeitsstufen, und verbunden damit mit unterschiedlichen Absorptionsspektren, vorkommt. Eisen kommt in Gläsern als  $\text{Fe}^{3+}$  und  $\text{Fe}^{2+}$  vor. Die unterschiedlichen Wertigkeitsstufen zeigen sehr unterschiedliche Absorptionsbanden. Dreiwertiges Eisen hat in Kalk-Natron Silikatglas Absorptionsbanden bei 225 nm, 380 nm, 420 nm und 435 nm. Zweiwertiges Eisen hat Absorptionsbanden bei 200 nm und eine sehr breite Absorptionsbande bei 1050 nm (Bamford 1977). Beim Floatverfahren wird das Glas auf ein flüssiges Zinnbad gegossen. Das fertige Glas erreicht so eine sehr hohe Oberflächengüte, um eine Oxidation des Zinns zu verhindern ist jedoch in der Floatkammer eine reduzierende Atmosphäre notwendig. Daher verschiebt sich das Redoxverhältnis des Eisens zum  $\text{Fe}^{2+}$  hin. Floatgläser weisen daher gegenüber anderen Flachgläsern eine erhöhte Absorption im nahen IR Bereich und dem IR-nahen Ende des sichtbaren Spektrums auf. Durch  $\text{Fe}^{2+}$  kann es bereits ab ca. 600 nm zu einer erhöhten Absorption kommen (Bamford 1977). Aufgrund einer Reihe anderer Vorteile hat sich das Floatverfahren jedoch weltweit durchgesetzt und fast alle anderen Flachglasverfahren verdrängt. Daher stehen für den Einsatz in der Photovoltaik auch praktisch nur Floatgläser zur Verfügung. Um die Abhängigkeit von besonders hochwertigen Rohstoffen zu reduzieren, würden sich also andere Flachglasverfahren anbieten.

Bei der Diskussion muss jedoch beachtet werden, dass es bei Glasrohstoffen um die preisgünstige Verfügbarkeit der Rohstoffe geht, denn die meisten Glasrohstoffe sind im Vergleich zu metallischen Rohstoffen ausgesprochen preiswert. Außerdem gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, den Eisengehalt, insbesondere für Quarzsand als mengenmäßig wichtigsten Glasrohstoff, zu reduzieren. Je nach Verunreinigung und gewünschter Qualität kommen unterschiedliche physikalische und chemische Verfahren in Frage. Diese Reinigungsverfahren können aufgrund der hohen Kosten und der damit verbundenen Umweltbelastungen jedoch nur für höchstwertige Sande in Betracht gezogen werden (Lange 1993). Daneben verfügt Europa über eine Reihe sehr hochwertiger Quarzsandlagerstätten, die Versorgung mit hochwertigen Glassanden erscheint also gesichert.

Sehr viel aufwendiger ist die Reinigung anderer Glasrohstoffe wie etwa Dolomit oder Feldspat. Der Eisengehalt von Dolomit (theoretisch  $\text{CaMgC}_2\text{O}_6$ ) ist in aller Regel hoch, was die Verwendung in der Glasindustrie deutlich einschränkt (Lange 1993). Eisenarme Kalke ( $\text{CaCO}_3$ ) sind in deutlich größeren Mengen verfügbar. Zusammen mit Magnesiumkarbonat ( $\text{MgCO}_3$ ), das ebenfalls mit geringen Eisengehalten verfügbar ist, kann Dolomit, zu wiederum höheren Kosten, substituiert werden.

Eisenhaltige Rohstoffe reduzieren die Transparenz des Glases und reduzieren so den Wirkungsgrad der Photovoltaikmodule. Neben möglichst eisenarmen Rohstoffen kann die Absorption jedoch auch durch den Einsatz dünnerer Gläser verringert werden. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass der mögliche Einsatz höher eisenhaltiger Rohstoffe „nur“ zu einem Wirkungsgradverlust führt, er verhindert nicht den Einsatz in der Photovoltaik generell. Insofern wird die Verfügbarkeit der Glasrohstoffe als unkritisch für den Ausbau der Photovoltaik, aber auch der thermischen Sonnenenergie angesehen. Mögliche Lieferengpässe bei Solarglas (Iken 2008) sind nur Engpässe in der Produktionskapazität und relativ kurzfristig durch Erweiterungen der Kapazität zu beseitigen.

### **3.7.7 Ressourcen für die Nutzung von Biomasse**

#### **3.7.7.1 Rhenium**

Rhenium wird insbesondere in Superlegierungen für Gasturbinen verwendet, daneben wird es als Katalysator eingesetzt. Eine wichtige Verwendungsmöglichkeit von Rhenium ist die Nutzung als Katalysator im Fischer-Tropsch-Verfahren für GtL (und BtL). In beiden Anwendungsbereichen wird von einem steigenden Bedarf ausgegangen (Magyar 2008).

Grundstoff für die Gewinnung von Rhenium sind Molybdänerze, insbesondere Molybdänglanz (Magyar 2008). Die Rheniumproduktion lag 2008 bei 57 t, dem standen Reserven von 2.500 t und Ressourcen von insgesamt rund 11.000 t gegenüber (USGS 2009). Damit ist Rhenium ein ausgesprochen seltenes Metall.

Es ist unklar, ob der steigende Bedarf an Rhenium gedeckt werden kann. Für Katalysatoren wurden jedoch verschiedene Substitute entwickelt und erprobt, daher wird davon ausgegangen, dass die Rheniumverfügbarkeit nicht limitierend für die BtL-Nutzung sein wird.

### **3.7.8 Ressourcen für die Herstellung von Brennstoffzellen**

#### **3.7.8.1 Platin und Platinmetalle (Ru, Os, Rh, Ir, Pd, Pt)**

Platinmetalle sind besonders als Katalysatoren in unterschiedlichen Anwendungen von hoher technischer Relevanz. Im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien werden sie insbesondere in Brennstoffzellen eingesetzt. Daneben ist Platin auch in einer Reihe anderer Anwendungen bisher kaum zu ersetzen. Dazu gehören etwa Thermoelemente und Widerstandsthermometer aber auch Schmelztiegel und andere Hochtemperaturanwendungen.

Die Platinproduktion betrug 2008 rund 200 t, hinzu kamen rund 206 t Palladium. Dem stehen Reserven von rund 71.000 t gegenüber, die Ressourcen werden auf 100.000 t geschätzt (USGS 2009). Damit sind die Vorräte an Platinmetallen für die derzeitige Nutzung ausreichend.

Die verstärkte Nutzung von Brennstoffzellen könnte den Bedarf aus diesem Segment deutlich steigern, gleichzeitig muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Automobilindustrie auch derzeit für mehr als 50% des derzeitigen Platinmetallverbrauchs verantwortlich ist. Geht man davon aus, dass pro kW Leistung von PEFC Brennstoffzellen der Pt-Bedarf derzeit noch bei ca. 1 g Pt liegt, würde sich ein erheblicher Pt-Bedarf ergeben. Der mögliche Pt-Bedarf hängt dabei von einer Reihe von Punkten ab. Neben dem Pt-Bedarf pro kW Leistung – der kontinuierlich sinkt – ist auch die zu erwartende Leistung der Brennstoffzelle relevant.

Wenn davon ausgegangen wird, dass Brennstoffzellen nur über eine Batterie ein Fahrzeug antreiben werden, kann die Leistung relativ gering gewählt werden und muss nicht anhand der Maximalleistung der Motoren ausgelegt werden. In diesem Fall könnte eine Leistung von etwa 20 kW ausreichend sein, soweit heute übliche Fahrleistungen nicht erreicht werden müssen. Für eine weltweite Pkw-Produktion von rund 60,5 Mio. Pkw (das entspricht der Pkw-Produktion in 2007) würde ein Platinbedarf von rund 600-1.200 t entstehen. Für die vollständige Ausstattung einer weltweiten Pkw-Flotte von etwa 1 Mrd. Pkw würde ein Platinmetallbedarf von insgesamt von 20.000-40.000 t entstehen. Sollte die Leistung der Brennstoffzellen größer sein, da sie die Antriebsmotoren direkt mit Energie versorgen, müsste von einem erheblich höheren Platinbedarf ausgegangen werden. Unabhängig davon, welche Antriebsvariante gewählt wird, würde bei dem derzeitigen Platinbedarf pro kW Leistung der Brennstoffzelle ein großer Teil der weltweiten Platinmetallvorräte für Brennstoffzellen benötigt werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Platineffizienz von Brennstoffzellen noch

deutlich verbessern wird. Bis zum Jahr 2020 erscheint eine Verringerung des Platinbedarfs auf 0,25 g Pt pro kW möglich (Tsuchiya et al. 2002).

Die Platinverfügbarkeit kann daher für die intensivere Nutzung von Brennstoffzellen kritisch sein. Problematisch dürften aber insbesondere die geringe Anzahl von Förderländern und zu geringe Produktionskapazitäten sein. Die Größe der Vorräte würde einen deutlichen Ausbau der Brennstoffzellentechnologie prinzipiell ermöglichen.

### 3.7.8.2 Zirkonium

Zirkonium wird nur in geringen Mengen als Metall eingesetzt. Zirkoniumdioxid ( $ZrO_2$ ) ist jedoch ein wichtiges keramisches Material für Hochtemperaturanwendungen in der Strukturkeramik aber auch als Festkörperelektrolyt für Sauerstoffmesssonden (z. B.  $\lambda$ -Sonden) aber auch Hochtemperaturbrennstoffzellen. Die Verwendung von Zirkonium hat kontinuierlich zugenommen (vgl. Abbildung).

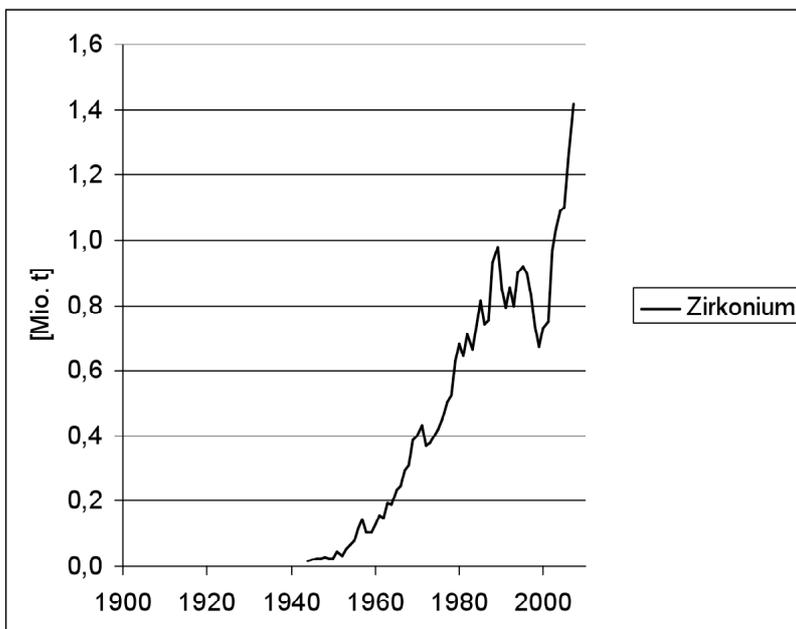


Abb. 3-11. Entwicklung der globalen Produktionsmengen von Zirkonium. USGS

Die wichtigsten Fördernationen für Zirkonium sind Australien, Südafrika und China. In Europa gibt es keine relevante Produktion. Produktionsprobleme in Australien, Indonesien und Mosambik hatten 2008 zu einem Produktionsrückgang geführt. Bezogen auf die Reserven von rund 51 Mio. t und einer Förderung von 1,36 Mio. t in 2008 (USGS 2009) ergibt sich eine statische Reichweite von rund 37 Jahren.

Nach (Angerer et al. 2009) werden für Festoxidbrennstoffzellen pro W Leistung derzeit 0,3-0,4 g Zirkonium (oder Zirkoniumdioxid, Angaben widersprüchlich) benötigt. Die Bruttostromerzeugung lag in Deutschland 2008 bei 639,1 TWh (BMWI 2009). Für diese

Stromerzeugung wird rein rechnerisch eine Leistung von mindestens 73 GW benötigt und dafür wiederum 25.550 t Zirkonium - rund 1,9% der derzeitigen Weltproduktion.

Festoxidbrennstoffzellen werden bisher kaum eingesetzt, die Nachfrage aus diesem Bereich ist entsprechend gering, insofern ist kurzfristig nicht davon auszugehen, dass der Einsatz von Festoxidbrennstoffzellen eine bedeutende zusätzliche Nachfrage nach Zirkonium hervorrufen wird. Aufgrund der insgesamt geringen Förderung und der geringen Reserven wie auch der Erwartung einer rund dreiprozentigen Nachfragesteigerung bis 2015, ist jedoch unklar, ob die Versorgung dauerhaft sicherzustellen ist (USGS 2009). Bei einer intensiven Nutzung von Festoxidbrennstoffzellen können Versorgungsengpässe nicht ausgeschlossen werden.

### 3.7.9 Seltenerd-Metalle

#### 3.7.9.1 Yttrium

Das Seltenerd-Metall Yttrium tritt nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit erneuerbaren Energien auf. Es wird in Leuchtstoffen für Leuchtstofflampen und LEDs eingesetzt. Kommerziell abbauwürdig sind Monazitsande mit bis zu 3% Yttrium sowie Bastnäsit mit 0,2% Yttrium.

Technisch wichtiger als das Metall, das nur für rund 1% der Yttriumverwendung verantwortlich ist, sind die oxidischen Yttriumverbindungen. Die wichtigste Verwendung der Yttriumoxide und Yttriumoxidsulfide mit einem Anteil von rund 89% sind die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten in Leuchtstoffen in Fernsehbildröhren, Leuchtstofflampen und Radarröhren. Daneben kommt es in Keramiken zum Einsatz. Mengenmäßig am bedeutendsten dürfte der Einsatz von  $Y_2O_3$  zur Stabilisierung von  $ZrO_2$ -Keramik sein (USGS 2009).

$ZrO_2$ -Keramik wird als Festkörperelektrolyt in  $\lambda$ -Sonden und Hochtemperaturbrennstoffzellen eingesetzt. Daneben kommt es verbreitet als Konstruktions- und in Feuerfestkeramik zum Einsatz. Bei der notwendigen Stabilisierung des  $ZrO_2$  als Festkörperelektrolyt kommen 5-15%  $Y_2O_3$  zum Einsatz. Ein Austausch gegen eine andere Stabilisierung, etwa durch Ca, ist nicht ohne weiteres möglich, da hierbei die Ionenleitfähigkeit sowohl hinsichtlich Art (Anionen / Kationen) als auch Höhe beeinflusst wird (Michalowsky 1994). Ein mögliches Substitut kann jedoch Scandium sein (vgl. Angerer et al. 2009).

In (Angerer et al. 2009) wird bei Festoxidbrennstoffzellen ein Yttriumbedarf von ca. 0,01 g/W bei einem Anteil von 3-10 Mol-% angegeben. Verglichen mit anderen Angaben (Michalowsky 1994) ist dies eine niedrig angesetzte Schätzung. Ein höherer Yttriumbedarf erscheint daher nicht ausgeschlossen.

Auf der Basis der in Abb. 3-11 gemachten Abschätzungen für Zirkonium würde sich ein hypothetischer Yttriumbedarf für die deutsche Stromerzeugung ausschließlich aus Festoxidbrennstoffzellen von 728 t als untere Abschätzung (0,01 g/W) bis 3.825 t für

eine obere Abschätzung (15 Massen-%) ergeben. In Anbetracht einer Weltförderung an Yttrium von 8.900 t 2008 muss Yttrium im Vergleich zu Zirkonium als die kritischere Ressource für die Nutzung von Festoxidbrennstoffzellen angesehen werden. Die Reserven von 540.000 t (220.000 t in China) (USGS 2009) scheinen jedoch auch für eine intensive Nutzung von Festoxidbrennstoffzellen hinreichend zu sein. Problematisch ist jedoch die hohe Abhängigkeit von chinesischen Importen und die derzeit geringen Förderkapazitäten.

### **3.7.10 Ressourcen für die Herstellung von Sekundärbatterien**

#### **3.7.10.1 Blei**

Blei hat keine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien. Für die Energiespeicherung werden jedoch auch Bleiakkumulatoren diskutiert.

Die Weltförderung von Blei lag 2008 bei rund 3,8 Mio. t. Dem stehen nur Reserven von rund 79 Mio. t gegenüber. Damit ist die statische Reichweite mit nur rund 20 Jahren gering. Das relativiert sich jedoch angesichts neuerer Einschätzungen zu den Bleiresourcen in Verbindung mit anderen Metallen. Die Ressourcen werden auf rund 1.500 Mio. t geschätzt (USGS 2009).

Blei wird als wenig kritischer Rohstoff eingeschätzt, zwar sind kurzfristig Verknappungen nicht auszuschließen, die gesamten Vorräte sind jedoch so groß, dass eine längerfristige Verknappung von Blei kaum anzunehmen ist.

#### **3.7.10.2 Antimon**

Antimon wird in den Bleilegierungen von Bleiakkumulatoren eingesetzt. Der Antimon Gehalt der hier eingesetzten Legierungen betrug 2007 noch durchschnittlich 0,7%. Für 2020 wird von antimonfreien Legierungen ausgegangen (USGS 2009).

Antimon hat außerdem viele weitere Anwendungen, insbesondere als Legierungsbestandteil in Loten, als Katalysator, als Flammschutzmittel aber auch als Bestandteil von Fungiziden (Carlin 2009).

Antimon wird aufgrund seiner nachlassenden Bedeutung in Bleilegierungen als unkritisch eingeschätzt.

#### **3.7.10.3 Nickel**

Die Edelstahlherstellung ist für mehr als 60% des Nickelverbrauchs verantwortlich, daneben wird es insbesondere auch für Superlegierungen eingesetzt. Insbesondere für die weitere Effizienzsteigerung von Wärmekraftwerken durch Erhöhung der Dampftemperaturen ist die Nutzung von neuen hochtemperaturfesten Stahllegierungen auf der Basis von Nickel oder von Superlegierungen notwendig. Das gilt natürlich auch für Wärmekraftwerke, die mit Biomasse oder biomassebasierten Brennstoffen betrieben werden.

Daneben wird Nickel zunehmend auch in Batterien eingesetzt. Es kann daher eine bedeutende Rolle bei der Speicherung von Elektrizität spielen. Die Verwendung von Nickel in Batterien hat stark zugenommen, ist jedoch bisher dennoch nur für rund 5% des Verbrauchs verantwortlich.

Die Nickelvorräte sind global relativ weit verbreitet, es gibt jedoch sowohl in Europa als auch in den USA praktisch keine Vorräte. Einer Förderung von ca. 1,6 Mio. t in 2008 stehen Reserven von rund 70 Mio. t gegenüber (USGS 2009).

Die Verfügbarkeit von Nickel ist als mäßig kritisch einzuschätzen. Die hohe Nachfrage aus dem Stahlbereich führt zu starken Preisschwankungen, problematisch ist jedoch vor allem die starke Abhängigkeit von Importen.

#### **3.7.10.4 Lithium**

Lithium hat für die Umwandlung erneuerbarer Energien keine Bedeutung, es kann jedoch im Zusammenhang mit der Energiespeicherung in Lithium-Ionen-Sekundärbatterien relevant sein, die insbesondere für den Einsatz in Pkw diskutiert werden. Neben der Nutzung in Akkumulatoren und Batterien kommt es insbesondere in Spezialgläsern, bei der Herstellung von Aluminium und in Aluminiumlegierungen zum Einsatz (Pohl 2005).

Lithium wird aus unterschiedlichen Lagerstättentypen gewonnen, die bevorzugten Lagerstätten hängen auch von der Verwendung ab. Besonders preisgünstig lässt sich Lithium aus Lithiumlaugen von Salzseen (z. B. USA, China oder Chile) gewinnen. Für einige Anwendungen in der Glas- und Keramikindustrie werden jedoch die Minerale bevorzugt (Pohl 2005). Derzeit wird Lithium nur von einer geringen Zahl von Ländern produziert, es sind jedoch in unterschiedlichen Regionen Lagerstätten vorhanden. Europa verfügt jedoch nur über geringe Vorräte und geringe Förderung (ausschließlich Portugal), es wird jedoch eine weitere Lagerstätten in Finnland erschlossen, in mehreren anderen europäischen Ländern (Österreich, Frankreich, Irland, Spanien, Schweden) gibt es Lagerstätten lithiumhaltiger Pegmatite, die bei steigenden Preisen von Lithium wirtschaftlich abgebaut werden könnten (Jaskula 2009).

Die globalen Lithiumreserven werden vom USGS (USGS 2009) mit 4,1 Mio. t angegeben, die Ressourcen mit 13 Mio. t. Dem steht eine Förderung von 27.400 t in 2008 gegenüber. Bezogen auf die Reserven liegt die statische Reichweite derzeit damit bei rund 150 Jahren. Bei einer verstärkten Nutzung von Lithium in Sekundärbatterien dürfte der Lithiumverbrauch jedoch deutlich ansteigen. Bereits heute wird der Lithiumbedarf stark vom Verbrauch in der Batterieproduktion bestimmt (Jaskula 2009). Sollte es zu einem breiten Einsatz von Li-Ion-Batterien in Automobilen kommen, würde dies den bisherigen Verbrauch von Lithium deutlich steigern, wie die folgende Abschätzung verdeutlicht.

Der Lithiumgehalt für eine 20-kWh-Batterie wird mit rund 1,8 kg angegeben (Mathoy 2008). Hiermit soll ein rund 1 t schweres Fahrzeug eine Reichweite von 160 km errei-

chen können. Diese Lithiummenge liegt etwas über der, die sich ergibt wenn man den Lithiumbedarf über den „Equivalent Lithium Content“ (ELC) abschätzt, der bei Flugreisen in die USA gilt (Safetravel 2009). Hiernach werden für 100 Wh 8 g Lithium benötigt. Demnach werden für eine Batterie von 20 kWh rund 1,6 kg ( $200 \times 8 \text{ g} = 1.600 \text{ g}$ ) benötigt, mit diesem Wert wird die folgende Abschätzung durchgeführt.

In 2007 wurden weltweit rund 60,5 Mio. Personenkraftwagen produziert, rund 19,5 Mio. Pkw davon in der EU und rund 5,7 Mio. Pkw in Deutschland. Würde man jeweils alle Pkw mit einem Elektroantrieb und Lithium-Ionen-Batterien mit jeweils 20 kWh ausstatten, würde sich ein Lithiumbedarf von global rund 97.000 t/a, in der EU von rund 31.000 t/a und in Deutschland von rund 9.000 t/a ergeben.

Man wird jedoch auch davon ausgehen müssen, dass ein erheblicher Anteil des Lithiums recycelt werden kann. Für die Ausrüstung einer globalen Pkw-Flotte von 1 Mrd. Pkw würde sich ein Gesamtbedarf von rund 1,6 Mio. t Lithium ergeben. Das ist ein erheblicher Anteil der derzeitigen Reserven, erscheint aber mit Blick auf die Lithiumressourcen durchaus umsetzbar. Bei dieser Betrachtung muss natürlich berücksichtigt werden, dass es einerseits sicherlich nicht zu einer schnellen Umsetzung eines solchen Szenarios kommen und dass es zudem auch zu weiteren Effizienzsteigerungen bei Lithium-Ion Batterien kommen wird, andererseits ist eine angenommene Reichweite von 160 km zwar für die Mehrzahl der täglichen Fahrten ausreichend, in vielen Fällen aber dennoch zu gering. Größere Batteriekapazitäten und ein höherer Lithiumverbrauch sind daher nicht auszuschließen.

Zusammenfassend wird bei Lithium keine rasche Verknappung angenommen. Die Vorräte sind insgesamt groß und eine deutlich stärkere Nutzung von Lithium in Batterien erscheint möglich. Eine Kreislaufführung des eingesetzten Lithiums wird jedoch notwendig sein. Es wird vermutlich zu Preissteigerungen kommen, die eine Nutzung bisher unwirtschaftlicher Lagerstätten ermöglichen werden.

### **3.7.11 Zusammenfassung**

Es wurden im Zusammenhang mit erneuerbaren Energien hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit möglicherweise kritische Ressourcen untersucht. Hierbei zeigen sich große Unterschiede zwischen den verschiedenen erneuerbaren Energien. Mögliche kritische Ressourcen wurden insbesondere bei den Funktionsmaterialien für die Photovoltaik und die Speichertechnologien identifiziert.

Besonders in der Photovoltaik gibt es eine Reihe von Stoffen, die aus technischer Sicht vielversprechende Alternativen oder Ergänzungen zu Silizium darstellen, aber nur begrenzt verfügbar sind: Der mögliche Bedarf an Gallium, insbesondere aber an Germanium und Indium, wird bei einer intensiven Nutzung dieser Stoffe in der Photovoltaik kaum zu decken sein. Daraus lassen sich unterschiedliche denkbare Konsequenzen ableiten. Zum einen können diese Materialien sehr teuer werden, wirtschaftliche Konflikte könnten die Folge sein. Zum anderen wäre es aber auch möglich, dass diese Stoffe in der Photovoltaik keine relevante Rolle spielen werden. Für die zweite These

spricht die praktisch ubiquitäre Verfügbarkeit von Silizium und der breite Einsatz von Silizium in der Photovoltaik. Für diese These spricht auch, dass es eine Reihe von anderen Anwendungen der zuvor genannten Stoffe gibt, in denen sie kaum substituiert werden können. Ein breiter Einsatz dieser seltenen Elemente in der Photovoltaik wird sich daher auch aus ökonomischen Gründen verbieten oder auf Dotierungen beschränken.

Erschwerend kommt bei einigen Elementen hinzu, dass für ihre Herstellung Technologien benötigt werden, die in einem nachhaltigen Energiesystem langfristig keinen Platz mehr haben. Das gilt insbesondere für Germanium. Germanium kann auch in relevanten Mengen aus Flugaschen von Kohlekraftwerken gewonnen werden, also gerade aus einer der Technologien, die mit dem Einsatz der Photovoltaik ersetzt werden sollen.

Die daraus resultierenden negativen Folgen für die Photovoltaik dürften jedoch überschaubar bleiben. Einige Optionen für höhere Wirkungsgrade werden nicht genutzt werden können. Es ist aber keineswegs anzunehmen, dass diese Optionen aus wirtschaftlicher Sicht – u. U. auch aus Umweltsicht – überhaupt genutzt würden. Die Herstellung von Silizium ist etabliert und weit einfacher und kostengünstiger möglich als die Gewinnung von Germanium oder Indium, das gilt insbesondere für metallurgisches Silizium. Die anorganische Photovoltaik wird daher voraussichtlich auch zukünftig auf Silizium basieren. Daneben erscheint es möglich, dass auch Gallium eine Rolle spielen wird. Beim Gallium ist jedoch weitgehend unklar, wie hoch die Kosten und Umweltbelastungen der Herstellung in größerem Maßstab sein werden. Die Umweltbelastungen, die mit der Gewinnung und Nutzung seltener Elemente und Rohstoffe verbunden sind, wurden bisher noch nicht umfassend untersucht. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere dort, wo mit einer erheblichen Ausweitung der Gewinnung zu rechnen ist.

Neben der Photovoltaik sind mit Blick auf die Ressourcenverfügbarkeit insbesondere die Speichertechnologien und damit verbundene Technologien interessant. Hier kommen sowohl bei Brennstoffzellen als auch bei Batterien eine Reihe von chemischen Elementen zum Einsatz, bei denen Lieferengpässe nicht auszuschließen sind. Dazu gehören die Platinmetalle, aber auch Nickel, Lithium, Zirkonium und Yttrium. In allen Fällen erscheint eine deutliche Steigerung der Förderung grundsätzlich möglich. Unklar ist jedoch, ob der notwendige Ausbau der Förderkapazitäten rechtzeitig erfolgen wird. Andernfalls können längerfristige Lieferengpässe den Ausbau dieser Technologien deutlich erschweren.

Tab. 3-5. Übersicht: Kritische Ressourcen für erneuerbare Energien

	Verfügbarkeit für ... ist nicht gewährleistet:
--	--

	Arsen	Cadmium	Kupfer	Gallium	Germanium	Indium	Selen	Tellur	Rhenium	Platin(metalle)	Zirkonium	Yttrium	Blei	Antimon	Nickel	Lithium
Photovoltaik		-	0	x	x	x	x	x								
Batterien		-	0										-		0	0
Brennstoffzellen			0							x	x	0				
GtL / BtL									0							
Ist Nichtverfügbarkeit der Ressource kritisch?																
Photovoltaik		-	-	-	-	-	-	-								
Batterien		0											0		0	0
Brennstoffzellen										x	x	x				
GtL / BtL									x							
- = nein, 0 = möglicherweise, + = ja																

### 3.8 Versteckte Emissionen

Wie der Mensch das Klima der Erde beeinflusst, stellt er sich in der stilisierten, vereinfachten, Form vor. Die Klimawissenschaft spiegelt dies in der Struktur ihrer Modelle. Ein Modell ist ein Gleichungssystem, welches die (festzuhaltenden) Eigenschaften des Systems portraitiert und das, von Eingangsparametern, den ‚Ursachen‘, gesteuert, entsprechend den Eigenschaften des Modells Ergebnisse liefert. Diese werden ‚Wirkungen‘ genannt. Die Modelle, an denen die Politik sich klimapolitisch orientiert, haben von den zuständigen Wissenschaftlern allein die „anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen“ (THG) in Form der sechs Kyoto-Gase als Eingangsparameter zugewiesen erhalten, und das auch noch mit intertemporal konstantem GWP – wohl wissend, dass diese nicht das einzige Einfallstor für den menschengemachten Klimawandel sind. Problematisch wird der Begriff „anthropogene Emission“ je näher man damit dem biosphärischen Bereich kommt – erneuerbare Energien spielen in diesen Bereich deutlich hinein, zumindest in Teilen. Mit einem (massiven) Umstieg auf erneuerbare Energien könnte somit systematisch ein Phänomen verbunden sein, welches in der Problematik der Palmölbereitstellung im südostasiatischen Raum bereits in einem Falle erkannt wurde und aufgetreten ist.

Dieses Phänomen besteht, abstrakt bzw. verallgemeinernd gesprochen, darin, dass der klar verstandene Kern des anthropogenen Wandels einen Randbereich aufweist, in dem das Verständnis diffus wird und auch die Zahlen ungenau werden. Hinzu kommt, dass Änderungen von Senkeneigenschaften, die bislang in den Modellen als konstant angenommen sind, aufgrund realer Vorgänge korrigiert werden müssen und dann bio-

gene Quellen neuer Art auftreten. Zulässig ist eine Ausblendung des Diffusen am Rand und des konstant gehaltenen, sofern deren Anteil am Ganzen klein ist.

Um eine Aussage treffen zu können, ob die Entdeckung versteckter Emissionen sich positiv oder negativ auf den Ausbau erneuerbarer Energien auswirkt, muss differenziert werden gemäß dem Grad ihrer Einbindung in biotische Prozesse. Überspitzt kann unterschieden werden zwischen erneuerbaren Bioenergien auf der einen und technischen erneuerbaren Energien auf der anderen Seite. Treten im Bereich der Bioenergien versteckte Emissionen auf, wirkt sich das in diesem Bereich negativ aus. Im Bereich der technischen erneuerbaren Energien, wie Windkraft, Photovoltaik etc., kann sich gleichzeitig jedoch eine positive Entwicklung ergeben.

Beispielhaft werden im Folgenden die Wirkungszusammenhänge am Beispiel der Wasserkraft erläutert. Es soll um Kohlenstoff-, d. i. Methan-Emissionen aus Stauseen gehen, die zu Zwecken der Bewässerungswirtschaft bzw. Elektrizitätsgewinnung angelegt werden, vor allem solchen in südlichen Breiten der Erde, also in Entwicklungsländern.

Die erneuerbare Energie ‚Wasserkraft‘ benötigt, wird ihre Gewinnung im großen Stil betrieben, beim bisherigen Stand der Technik große Stauseen als Speichermedium. Die anthropogene Anlage eines Stausees ist ein Akt des LUC, bei dem große Mengen organischen Materials mit Wasser überdeckt werden. Zudem trägt der Zufluss organischen Materials in das Speicherbecken zum Potenzial von Kohlenstoffumsätzen im Stausee bei. Bei entsprechend günstigen Lebensbedingungen hinsichtlich der Temperatur kommt es zur Zersetzung des organischen Materials unter anaeroben Bedingungen und in der Folge zur Freisetzung des Produkts ‚Methan‘ – sei es über die Seeoberfläche, sei es über das bewegte Wasser im Abfluss, also unterhalb des Stausees.

Empirische Daten über das Ausmaß dieser Emissionen sind ‚natürlicherweise‘ kaum zu erhalten. Sie sind erstens schwierig zu bestimmen, es erfordert also einen nicht unerheblichen Mitteleinsatz. Den aber, quasi zur Selbstbeichtigung, bereitzustellen ist zweitens von alleine kaum ein Staat bereit. Drittens sind die Bedingungen der Methanbildung örtlich offenbar erheblich unterschiedlich und eine Verallgemeinerung individueller Abschätzungen ist dementsprechend schwierig.

Der Stand der Wissenschaft spiegelt diese schwierigen Bedingungen. In *Nature*<sup>130</sup> erschien im Jahre 2006 eine Meldung, die die Kenntnislage in Form einer persönlichen Auseinandersetzung zweier brasilianischer Wissenschaftler stilisierte, in der derjenige mit den geringeren Schätzwerten dem anderen mit den höheren Werten ‚Nestbeschmutzung‘ vorwirft. Die Versuchung, den Gegenstand der Frage in dieser Tonlage zu thematisieren, ist objektiv gegeben – und also wird ihr gefolgt. In der Sache liegen die Schätzungen des, so gesehen glaubwürdigeren, ‚Nestbeschmutzers‘, skaliert man sie zu globalen Emissionszahlen hoch, bei 2,2 bis 2,8 Gt CO<sub>2</sub>-e/a; die seines ‚Widersa-

---

<sup>130</sup> *Nature* 2006, pp. 524/5

chers' liegen bei 0,5 Gt/a. Also werden, Menschenkenntnis ins Spiel gebracht, die globalen THG-Staudamm-Emissionen eher in der Größenordnung von 2 Gt CO<sub>2</sub>-e/a liegen.

Die so bestimmte Höhe der THG-Staudamm-Emissionen mag zweifelhaft sein. Dass sie anthropogen sind, ist jedoch zweifelsfrei. Eher selten sind sie auch anthropogen im Sinne des Kyoto-Protokolls, also Ergebnis eines menschlichen Eingriffs nach 1990. Schwierig ist auch eine Antwort auf die (rechtliche) Frage, ob sie der Gewinnung erneuerbarer Energien zuzurechnen seien: Es geht nämlich in aller Regel um einen Vorgang von Kuppelproduktionen. Es geht zugleich um Gewinnung von Wasser zur Bewässerung und um Speicherung; und das wieder von Zweierlei, sowohl von potentieller Kraft als auch von Wasser für die Vegetationsperiode.

### **3.9 Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen**

Subjektiv empfundene Störungen durch Windkraftanlagen sind nach wie vor präsent. Sie werden sowohl von Bürgerinitiativen wie auch von Naturschutzorganisationen und Verbänden von Windkraftanlagenherstellern und -betreibern thematisiert. Bei der Windenergie gilt es zu unterscheiden zwischen Onshore- und Offshore-Anlagen.

Die ursprüngliche Debatte beschränkte sich auf Onshore-Anlagen, da es erst wenige Offshore-Anlagen gibt, die seit kurzer Zeit in Betrieb sind. Mittlerweile werden weniger neue Onshore-Anlagen gebaut, da nur noch wenige geeignete freie Plätze zur Verfügung stehen. Das Interesse richtet sich nun auf das sogenannte Repowering (also das Ersetzen älterer durch neue, größere Anlagen mit höherer Energieausbeute) und die Erschließung des Offshore-Potentials.

Windkraftgegner bezeichnen Windenergie häufig als generell sinnlos, mit dem Argument, diese trage nicht zum Klimaschutz bei, da sie nur zur Verfügung steht, wenn Wind weht. Fehlt dieser, müssen Kohle- oder Atomkraftwerke die Energieversorgung übernehmen. Das bedeutet, dass diese dauerhaft unausgelastet laufen müssen, was den Beitrag der Windräder zur CO<sub>2</sub>-Einsparung zunichte macht. Ein anderer Kritikpunkt sind die Privilegierung im Baugesetzbuch und die Subventionen.

Im Gegensatz dazu beziehen sich Bürgerinitiativen meist nur auf eine bestimmte geplante Anlage und fordern entweder ein generelles Einstellen des Bauvorhabens, oder dass entweder eine kleinere Anlage oder in größerer Entfernung zu bewohnten Gebieten gebaut wird.

Sowohl Naturschutzorganisationen wie auch Verbände sprechen sich generell für den Ausbau der Windenergienutzung aus. Sie versuchen Vorurteilen entgegen zu wirken und heben die Vorteile der Windkraft hervor. Es lassen sich auch immer wieder Handlungsvorschläge und -optionen für Unternehmer, die das Errichten von Windkraftanlagen planen finden, in denen sie aufgefordert werden, die Anlagen möglichst störungsarm und unter Einbezug der Anwohner zu errichten, um einen Imageverlust der Windkraft zu vermeiden.

Die Naturschutzorganisationen führen zusätzlich den Konflikt zwischen Natur- und Klimaschutzproblemen an. Dabei heben sie jedoch immer wieder die große Wichtigkeit von Windkraft für den Klimaschutz hervor.

Die durch Onshore-Anlagen hervorgerufenen Belästigungen sind vor allem Lärm, der Diskoeffekt, ästhetische Aspekte, Schattenwurf, Sicherheitsbedenken, Eiswurf, Infraschall, Angst vor dem Ausbleiben von Touristen und die Wertminderung der angrenzenden Grundstücke sowie Konflikte mit dem lokalen Naturschutz. Gegen die Offshore-Anlagen werden ebenfalls Naturschutz- und touristische Gründe angeführt. Um bewerten zu können, welche der genannten Gründe noch aktuell sind, muss auf die einzelnen Punkte genauer eingegangen werden.

Zum einen gibt es Aspekte, die heutzutage keine Rolle mehr spielen. Zu nennen ist hier der sogenannte Diskoeffekt. Da die Rotorblätter moderner Windkraftanlagen mit matter, nicht-reflektierender Farbe lackiert werden, ist dieses Phänomen nicht mehr existent.

Ebenfalls als unbegründet hat sich die Angst vor dem Ausbleiben von Touristen herausgestellt. Umfragen zufolge haben WKAs im Vergleich zu anderen infrastrukturellen Einrichtungen einen mittleren Störwert. Auf das Reiseverhalten haben sie allerdings keinen Einfluss. Dies gilt sowohl für Onshore wie auch für Offshore-Anlagen (Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa GmbH 2000; SOKO Institut für Sozialforschung und Kommunikation 2003).

Ob Windkraftanlagen eine Störung in der Landschaftsästetik darstellen kann nicht allgemein festgestellt werden, da es sich um eine individuelle Empfindung handelt. Windkraftbefürworter und Naturschutzorganisationen weisen darauf hin, dass die Landschaft schon lange Veränderungen unterliegt, zum Beispiel durch Strommasten und Verkehrswege. Außerdem lässt sich durch die Ausweisung von Vorrangflächen ein so genannter „Wildwuchs“ vermeiden.

Eine Studie der Universität Frankfurt bestätigte, dass die Nähe zu Windkraftanlagen den Wert bebauter Wohngrundstücke verringert. Eine Umfrage unter Marktlern ergab eine Wertminderung von 5%-30%, allerdings nahmen viele Interessenten von einem Kauf Abstand, sobald sie erfuhren, dass das Grundstück nahe einer Windkraftanlage liegt (Jürgen Hasse 2003). Dies ist für viele Bürgerinitiativen ein Argument gegen Windkraftanlagen. Einige Störgründe sind mit technischen Neuerungen beziehungsweise Richtlinien vermindert worden.

Um die Störung durch Lärm zu vermindern gibt es die TA-Lärm, die festlegt wie hoch die Lärmemission sein darf. Schon vor Erteilen der Baugenehmigung muss durch ein Gutachten belegt werden, dass die Höchstwerte nicht überschritten werden. Einige (alte) siedlungsnaher WKAs dürfen auf Grund der Richtlinie allerdings nur auf Teillast laufen. Das Fraunhofer Institut in Dresden entwickelt zur Zeit eine Technologie, um die Geräusche zu dämpfen. Es wird dabei von der Bundesstiftung Umwelt gefördert. Eine anfängliche Unterstützung durch Herstellerfirmen wurde bald eingestellt, da die Unternehmen nicht mit Lärmstörungen in Verbindung gebracht werden wollten. Dennoch

konnte in Laborversuchen bestätigt werden, dass die Technologie funktionsfähig ist. Das Institut steht nun in engem Kontakt zu Betreiberfirmen. Der Nachweis in der Freilandstudie wird in den nächsten Monaten erwartet. Auf Tagungen wurde diese Entwicklung gemischt aufgenommen: während die Politik die Vorteile und Chancen des Projektes sieht, weisen die Hersteller der Windkraftanlagen auf die Mehrkosten durch einen Einbau der Schalldämpfung hin.

Auch gegen den Eiswurf wurden technologische Lösungen entwickelt. An manchen Windrädern wird durch Rotorheizungen die Entstehung von Eis verhindert, während Eissensoren andere bei Gefahr durch Vereisung ausschalten.

Um die Störung durch Schattenwurf gering zu halten, darf die Schattendauer 30 Minuten am Tag und 30 Stunden im Jahr nicht überschreiten. Sie wird vor der Genemigung der Anlage berechnet, in Grenzfällen wird ein Gutachten verlangt. Sollte eine Anlage über die maximale Dauer hinaus Schatten auf einen Punkt werfen, muss sie vorübergehend abgeschaltet werden.

Erst vor kurzer Zeit in den Fokus der Diskussion gekommen ist der Infraschall. Auf den Seiten der Windkraftbefürworter wird er als harmlos bezeichnet. Die Verfasser beziehen sich dabei auf eine Untersuchung des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes von 1982, die besagt, dass der Schall bis zu einer Stärke von 130 dB nicht schädlich ist. Unabhängige Messungen ergaben, dass die Infraschallemission der Windkraftanlagen deutlich unter diesem Wert liegt. Dennoch werden Stimmen laut, die Infraschall durchaus als mögliche Gefährdung betrachten. Ihr Hauptargument ist, dass der von WKAs verursachte Infraschall, anders als der durch Stürme, Gewitter oder Hubschrauber verursachte, dauerhaft auf die Anwohner einwirkt. Durch Infraschall sollen physiologische Veränderungen (z.B. Änderungen der Hirnströme, Vergrößerung der Erythrozyten) wie auch psychische Reaktionen wie Angst, Unsicherheit und Schlafstörungen hervorgerufen werden. Die tatsächliche Wirkung von Infraschall ist noch nicht weiter erforscht worden, so dass diese Behauptungen bisher weder be- noch widerlegt werden konnten.

Häufig wird immer noch das Problem der Kollision von Vögeln mit Windkraftanlagen und das Auftreten von Meideverhalten von Tieren gegenüber den Anlagen genannt. Mitarbeiter des Michael-Otto-Instituts haben sich im Auftrag des NABU mit den Auswirkungen des Repowering auf das Verhalten von Vögeln und die Häufigkeit von Kollisionen befasst. Sie konnten dabei im Vergleich zu kleineren keine erhöhte Störwirkung durch größere WKAs feststellen. Auch die Kollisionsrate von Vögeln mit Anlagen hing weniger von der Größe des Windrads als mehr mit seinem Standort zusammen. Fledermäuse zeigten kein Meideverhalten gegenüber Windkraftanlagen, die Kollisionsrate wurde in erster Linie durch den Standort und erst zweitrangig durch die Höhe der WKA beeinflusst (Michael-Otto-Institut 2006). Eine Befragung von Jägern zeigte, dass Wild die Anlagen nicht als Bedrohung empfindet und keine Verhaltensänderungen zeigt.

Über den Einfluss von Offshore-Anlagen auf die Meeresfauna wird noch diskutiert. Kritiker befürchten eine große Störwirkung während der Bauphase, die einen Rückgang

der Populationen zur Folge haben könnte. Befürworter weisen darauf hin, dass in den fertiggestellten Windparks Rückzuggebiete für Meerestiere entstehen können, da diese für den Schiffverkehr nicht frei gegeben sind. Mittlerweile wurde eine Langzeitstudie über 8 Jahre an 2 dänischen Offshore-Windparks veröffentlicht. Neben der Reaktion von Vögeln wurde auch die von Fischen, Robben und Schweinswalen beobachtet. Dabei stellte sich heraus, dass sich die Fisch- und Robbenpopulationen durch den Bau der Anlagen kaum veränderten. Manche Fische zeigten jedoch eine Reaktion auf die elektromagnetischen Felder der Kabel. Während einige Arten von diesen angezogen wurden, mieden andere ihre Umgebung. Die Reaktion der Schweinswale auf den Bau der Anlagen verlief von Ort zu Ort unterschiedlich. Bei Horns Rev wurde ein leichtes Absinken der Populationszahlen während der Bauzeit beobachtet. Im Gegensatz dazu war bei Nysted sowohl während der Installation wie auch dannach eine deutliche Verringerung der Population zu verzeichnen. Später zeigte sich eine leichte Erholung der Zahlen.

Es ist allerdings nicht sicher, ob diese Ergebnisse einfach auf andere Standorte übertragen werden können. Außerdem ist zu befürchten, dass ein sprunghafter Anstieg der Anzahl der Anlagen eine negativere Auswirkung auf die Meeresökologie hat, als einzelne Windparks, da die Einwirkungen sich damit summieren und großflächig anzutreffen sind (scinexx 2007).

Neben der Ablehnung durch Bürgerinitiativen lassen sich auch sehr positive Bewertungen über die allgemeine Akzeptanz von Windkraftanlagen finden. Zwei Drittel der Bundesbürger sprechen sich für eine Erhöhung des Anteils der Windenergie in der Stromversorgung aus. Durchschnittlich 55% der Bevölkerung würden die Errichtung einer Windkraftanlage in ihrem Wohnort begrüßen. Sind bereits Anlagen vorhanden, steigt die Zustimmung auf 69% (Agentur für Erneuerbare Energie 2008).

Auch für die anderen erneuerbaren Energiequellen sind Entwicklungen in der öffentlichen Wahrnehmung wie im Fall der Windkraft denkbar. Im Bereich der Biomasse deutet sich dies in den letzten Monaten verstärkt an. Während von Anfang an den Anlagen der Biogaserzeugung mit einer skeptischen Grundhaltung hinsichtlich einer möglichen Geruchsbelästigung entgegengetreten wurde, verschlechtert sich aktuell das öffentliche Bild des Energieträgers Biomasse insgesamt.

In der Kritik steht hier vor allem die landwirtschaftliche Produktion der Biomasse. Schadstoffeinträge in den Boden und landschaftliche Beeinträchtigung durch Biopflanzen-Monokulturen sind Aspekte, die hier vor Ort wahrgenommen werden. Aber auch die Verlagerung der Produktion in Entwicklungsländer mit den damit verbundenen Gefahren (Stichwort: Palmölproduktion) lassen die Akzeptanz für die Biomasseproduktion wahrnehmbar sinken.

### **3.10 Siedlungsstrukturelle Entwicklung**

Die im vorangegangenen Kapitel skizzierten demographischen Veränderungen entfalten ihre Bedeutung für die Zukunft erneuerbarer Energiequellen am augenscheinlich-

sten durch ihre Auswirkungen auf die siedlungsstrukturelle Entwicklung. (BBR Raumordnungsprognose 2020/2050).

Es ist davon auszugehen, dass sich der demographische Wandel erheblich auf die Siedlungsstruktur in Deutschland auswirken wird. Dass er es noch nicht in dem zu erwartenden Maß getan hat, liegt in der Überlagerung unterschiedlicher raumwirksamer Prozesse begründet, die sich derzeit zum Teil noch gegenseitig aufheben. In vielen Regionen wird der Bevölkerungsrückgang, der sich erheblich auf die Nachfrage nach Wohnraum auswirken wird, durch interregionale Wanderungen und die Zunahme der Haushaltszahlen aufgefangen.

Die wesentlichen demographischen Trends, die sich über die Nachfrage nach Wohnraum auf die siedlungsstrukturelle Situation auswirken, sollen im Folgenden skizziert werden. Die Bevölkerung und die Haushalte stellen in den Wohnungsprognosemodellen die wesentlichen Größen dar. Zu beachten ist hier jedoch, dass nicht nur die absoluten Zahlen eine Rolle spielen, sondern vor allem auch Veränderungen in der Struktur relevant sind. So haben kleinere Haushalte beispielsweise im Durchschnitt einen größeren Wohnflächenkonsum, wohnen aber seltener im Eigentum. Eine Zunahme im Bereich der kleineren Haushalte müsste demzufolge zur Konsequenz haben, dass die Pro-Kopf-Wohnflächen steigen und die Eigentümerquoten sinken. Ältere Haushalte hingegen leben tendenziell zwar auch in größeren Wohnungen, weisen aber überdurchschnittliche Eigentumsquoten auf.

In Deutschland zeigte sich in den vergangenen Jahren vor allem ein deutlicher Rückgang im Geschosswohnungsbau, während die Entwicklung im Ein- und Zweifamilienhausbau relativ konstant blieb. Die Wohnfläche pro Person stieg in den Jahren zwischen 1998 und 2002 insgesamt an, wobei besonders in den neuen Bundesländern eine aufholende Entwicklung festzustellen war. Im Zuge steigender Wohnflächen pro Kopf stieg die Wohnflächennachfrage insgesamt zwischen 1998 und 2002 bei den Eigentümerhaushalten um 11,4% und bei den Mieterhaushalten um 4,6%.

In Zukunft wird die ansteigende Bildung von Wohneigentum sowie die steigenden Pro-Kopf-Wohnflächen in Deutschland die Nachfrage nach neuen Wohnungen weiter ansteigen lassen. Auch zukünftig wird es auf dem Wohnungsmarkt dynamische Regionen mit optimistischen Prognosen neben Regionen mit deutlichen Bevölkerungsverlusten und entsprechend pessimistischen Prognosen für den Wohnungsmarkt geben.

Positiv stellen sich auch zukünftig strukturstarke Verdichtungsräume wie die Regionen um München, Stuttgart, Hamburg sowie das Rhein-Main-Gebiet und das Rheinland dar. Für die alten Bundesländer gilt insgesamt, dass die Nachfrage nach Wohnfläche auch bis 2020 noch weiter ansteigen wird, im Eigentum deutlich stärker als im Bereich der Mietwohnungen. Diese Zuwächse gelten sowohl für die Ein- und Zweifamilienhäuser als auch im Geschosswohnungsbau. Während bei Letzterem die Wachstumsraten jedoch relativ konstant verlaufen, wird es im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser nach einem deutlichen Anstieg in der ersten Hälfte des Prognosezeitraums zu einem Abflachen der Zuwachsraten kommen. In den neuen Bundesländern steigt die Nachfrage nach Wohnraum nur noch leicht an, ab 2010 muss mit rückläufigen Zahlen gerechnet werden.

Betrachtet man die Großregionen in Deutschland, so zeigt sich für die Entwicklung der Wohnflächennachfrage in Ein- und Zweifamilienhäusern für nahezu das gesamte Bundesgebiet ein positiver Trend zwischen 2005 und 2020. Die wenigen Ausnahmen bilden die Region Cuxhaven und Bremerhaven, das nördliche Ruhrgebiet und der Niederrhein, Nordhessen und das südliche Niedersachsen, der Osten Sachsen-Anhalts, Oberfranken und das Saarland. Eine besonders positive Entwicklung haben Berlin und sein Umland sowie Mecklenburg-Vorpommern, insbesondere der Osten des Bundeslandes zu erwarten.

Bei der zukünftigen Entwicklung der Wohnraumnachfrage in Mehrfamilienhäusern findet sich die alte Teilung des Landes in West und Ost wieder. Bis auf ein Gebiet im westlichen Brandenburg und die Hauptstadt selbst haben alle neuen Bundesländer mit einer rückläufigen Nachfrage zu rechnen. Der Westen der Bundesrepublik hingegen kann auch zukünftig mit einer positiven Wohnflächennachfrage rechnen. Lediglich das südliche Niedersachsen stellt hier eine Ausnahme dar.

Bei der Analyse der siedlungsstrukturellen Implikationen für die Entwicklung der Energienachfrage im Allgemeinen und der erneuerbaren Energien im Speziellen genügt es jedoch nicht, die Entwicklung auf überregionaler Ebene zu untersuchen. Die „energetische Zukunft“ im Bereich der Siedlungsstruktur entscheidet sich vor allem auf Ebene der unterschiedlichen Siedlungstypen sowie der konkreten baulichen Konstruktion der Gebäude.

Eine Typologie der Siedlungsstruktur liefert Roth (Roth 1980)<sup>131</sup> und weist den Wohngebäuden in den einzelnen Siedlungstypen spezifische Werte für den Nettoheizwärmebedarf zu. Die vielen verschiedenen Formen von Siedlungen machen eine Vereinfachung und Typisierung notwendig. In Roth werden explizit 9 Siedlungstypen nach den folgenden Bildungskriterien gebildet: (a) Siedlungsspezifische Daten (Geschosszahl, Bauformen...); (b) Baulich-geometrische Daten (Beheizte Nutzfläche, Anteile der Bauteile an der Gesamtfläche,...); (c) Baulich-technische Daten (Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Bauteile,...); (d) Wärmetechnische Daten (Anschlusswerte nach DIN 4701, Nutzwärmehöchstleistung,...). Es werden unterschieden:

- ST1: Ein- und Mehrfamilienhaussiedlung niedriger Dichte
- ST2: Dorfkern und Einfamilienhaussiedlung hoher Dichte
- ST3: Reihenhaussiedlung
- ST4: Zeilenbebauung mittlerer Dichte
- ST5: Zeilenbebauung hoher Dichte und Hochhäuser
- ST6: Blockbebauung

---

<sup>131</sup> Siehe [Ueli Roth, 1980]: Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Bonn, 1980.

- ST7: Citybebauung ab Mitte 19. Jahrhundert
- ST8: Mittelalterliche Altstadt
- ST9: Industrie- und Lagergebäude

Tab. 3-6. Städtebauliche Faktoren und Einsparpotenziale

1	Städtebaulichen Faktoren	Einsparpotenziale																																																																
1.1	Abstände zwischen den Gebäuden	-8%																																																																
1.2	Orientierung <table border="1" style="margin-left: 40px; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Mehrverbrauch</th> </tr> <tr> <th>Süden</th> <th>Index = 100%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Südwesten</td> <td>1 – 3%</td> </tr> <tr> <td>Westen</td> <td>Ca. 5%</td> </tr> <tr> <td>Nordwesten</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Nordosten</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Osten</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Südosten</td> <td>1 – 3%</td> </tr> </tbody> </table>	Mehrverbrauch		Süden	Index = 100%	Südwesten	1 – 3%	Westen	Ca. 5%	Nordwesten	7%	Nordosten	7%	Osten	5%	Südosten	1 – 3%	Bis zu -7%																																																
Mehrverbrauch																																																																		
Süden	Index = 100%																																																																	
Südwesten	1 – 3%																																																																	
Westen	Ca. 5%																																																																	
Nordwesten	7%																																																																	
Nordosten	7%																																																																	
Osten	5%																																																																	
Südosten	1 – 3%																																																																	
1.3	Windschutz	- 1%																																																																
1.4	Anordnung/Kompaktheit (städtebaulich): Beispiel nach Roth <table border="1" style="margin-left: 40px; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Siedlungstyp</th> <th>Nettoheizwärmebedarf Basis kWh/m<sup>2</sup></th> <th>Wärmeschutz kWh/m<sup>2</sup></th> <th>Einsparung durch bauliche Maßnahmen in %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.1</td><td>375</td><td>196</td><td>47,7</td></tr> <tr><td>1.2</td><td>304</td><td>172</td><td>43,4</td></tr> <tr><td>2</td><td>230</td><td>124</td><td>46,1</td></tr> <tr><td>3.1</td><td>213</td><td>121</td><td>43,2</td></tr> <tr><td>3.2</td><td>200</td><td>114</td><td>43,0</td></tr> <tr><td>4.1</td><td>223</td><td>129</td><td>42,2</td></tr> <tr><td>4.2</td><td>224</td><td>113</td><td>49,6</td></tr> <tr><td>5.1</td><td>129</td><td>84</td><td>34,9</td></tr> <tr><td>5.2</td><td>120</td><td>76</td><td>36,7</td></tr> <tr><td>6.1</td><td>170</td><td>95</td><td>44,1</td></tr> <tr><td>6.2</td><td>147</td><td>82</td><td>44,2</td></tr> <tr><td>7.1</td><td>102</td><td>77</td><td>24,5</td></tr> <tr><td>7.2</td><td>68</td><td>51</td><td>25,0</td></tr> <tr><td>8</td><td>124</td><td>76</td><td>38,7</td></tr> <tr><td>9</td><td>170</td><td>76</td><td>55,3</td></tr> </tbody> </table>	Siedlungstyp	Nettoheizwärmebedarf Basis kWh/m <sup>2</sup>	Wärmeschutz kWh/m <sup>2</sup>	Einsparung durch bauliche Maßnahmen in %	1.1	375	196	47,7	1.2	304	172	43,4	2	230	124	46,1	3.1	213	121	43,2	3.2	200	114	43,0	4.1	223	129	42,2	4.2	224	113	49,6	5.1	129	84	34,9	5.2	120	76	36,7	6.1	170	95	44,1	6.2	147	82	44,2	7.1	102	77	24,5	7.2	68	51	25,0	8	124	76	38,7	9	170	76	55,3	-15% Einsparung durch Einfluss der Siedlungsstruktur
Siedlungstyp	Nettoheizwärmebedarf Basis kWh/m <sup>2</sup>	Wärmeschutz kWh/m <sup>2</sup>	Einsparung durch bauliche Maßnahmen in %																																																															
1.1	375	196	47,7																																																															
1.2	304	172	43,4																																																															
2	230	124	46,1																																																															
3.1	213	121	43,2																																																															
3.2	200	114	43,0																																																															
4.1	223	129	42,2																																																															
4.2	224	113	49,6																																																															
5.1	129	84	34,9																																																															
5.2	120	76	36,7																																																															
6.1	170	95	44,1																																																															
6.2	147	82	44,2																																																															
7.1	102	77	24,5																																																															
7.2	68	51	25,0																																																															
8	124	76	38,7																																																															
9	170	76	55,3																																																															

Eine Untersuchung des Wuppertal Institutes in Zusammenarbeit mit dem DLR Stuttgart und dem IE Leipzig (Wuppertal Institut 2007) ging der Fragestellung nach, welche Regionen in Deutschland in besonderem Maße geeignet sind, eine dezentrale netzgebundene Wärmeversorgung unter Einsatz erneuerbarer Energiequellen auf- bzw. auszubauen. Die spezifischen Werte für den Nettoheizwärmebedarf wurden hier ergänzt durch typenspezifische Angaben zu Netzlängen im Wärmeverteilungsnetz, Längenan-

gaben der Hausanschlüsse sowie siedlungstypenspezifische Netzverluste. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Bedingungen für solare Wärme und die Nutzung von Biomasse innerhalb aufgelockert bebauter Siedlungstypen am besten sind. Dies gilt vor allem im ländlichen Raum. Potenziale für Geothermie und BHKW finden sich hingegen vor allem im städtisch geprägten Raum.

Zu beachten ist jedoch, dass die ländlichen Gemeinden zwar Vorteile bei der Nutzung lokaler Potenziale erneuerbarer Energien aufweisen, jedoch aufgrund ihrer Siedlungsstruktur auch Nachteile haben, da hier die Gebäude- und Wärmedichten geringer sind, als in städtisch geprägten Bereichen. Die siedlungsstrukturellen Nachteile bestehen auch in dem von Einfamilienhäusern geprägten Siedlungstyp.

Genau dort also, wo die Bedingungen für die erneuerbaren Energien besonders gut sind, ergeben sich Nachteile durch die Trassenlängen für die zu errichtenden Netze. Dies sind Nachteile, die sich nur durch hohe Anschlussgrade oder Kostensenkung bei der Leitungsverlegung kompensieren lassen. Prognosen über die zukünftige Entwicklung der einzelnen Siedlungstypen sind schwer zu treffen. Über die Bebauungsplanung lässt sich hier jedoch in nicht unerheblichem Maß Einfluss nehmen.

Auch die unterste siedlungsstrukturelle Betrachtungsebene, die der Gebäude und ihrer Bauteile, ist für die zukünftige Entwicklung der erneuerbaren Energien von Interesse. So stellt das *AV-Verhältnis* eine Maßzahl für die Kompaktheit der Gebäude dar. Es setzt die Außenfläche des beheizten Gebäudes (incl. Dach und Keller) mit dem dadurch eingeschlossenen Volumen ins Verhältnis. Generell gilt für die wärmetechnische Beurteilung: Ein A/V-Verhältnis ist umso besser, je niedriger es ist. Ein geringeres A/V-Verhältnis bedeutet bei gleichem Gebäudevolumen eine kleinere wärmeübertragende Außenfläche. Pro Kubikmeter Volumen ist somit weniger Energie notwendig, um die Wärmeverluste über die Hülle auszugleichen. Ein weiterer Parameter auf der Gebäudeebene ist der *Transmissionswärmeverlust*, welcher durch Wärmeübertragung zustande kommt. Er wird zur Bestimmung der Energieverluste eines Raumes oder Gebäudes ermittelt. Ausschlaggebend für die Berechnungen ist die DIN EN 12831 (als Ersatz für die DIN 4701) mit nationalem Anhang.

Inwiefern diese Parameter Einfluss auf die Entwicklung erneuerbarer Energien nehmen, ergibt sich daraus, mit welcher Entwicklung der Parameter in Zukunft gerechnet werden muss. Das mögliche Einsparpotenzial beider Einflussparameter liegt im Falle der ‚A/V-optimierten‘ Gebäude bei bis zu 25%, bei der Reduzierung der Transmissionswärmeverluste je Bauteil und Baustandard zwischen 30 und 48% der benötigten Wärmemengen. Ist der Einfluss des A/V-Verhältnisses noch von architektonischen, regionalen und kulturellen Einflussfaktoren abhängig, so ist die Entwicklung des Transmissionswärmeverlustes von kräftigen technischen Innovationen geprägt. So kommen High-Tech-Wärmedämmungen (z. B. Vakuumdämmung) auf über 80% Einsparungen, womit sie sich bei stärkerer Marktnachfrage und gleichzeitigem Anstieg der Energiepreise durchaus stärker am Markt etablieren sollten.

Tab. 3-7. Gebäudefaktoren

<b>2</b>	<b>Gebäudefaktoren</b>																																					
2.1	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">A/V-Verhältnis</td> <td rowspan="6">25%</td> </tr> <tr> <td><b>Haustyp / AV (1/m)</b></td> <td><b>IST</b></td> </tr> <tr> <td>Bungalow (1)</td> <td>Index =100%</td> </tr> <tr> <td>EFH (0,8)</td> <td>85%</td> </tr> <tr> <td>RH-Zeile (0,6)</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>MFH (0,5)</td> <td>75%</td> </tr> </table>	A/V-Verhältnis		25%	<b>Haustyp / AV (1/m)</b>	<b>IST</b>	Bungalow (1)	Index =100%	EFH (0,8)	85%	RH-Zeile (0,6)	80%	MFH (0,5)	75%																								
A/V-Verhältnis		25%																																				
<b>Haustyp / AV (1/m)</b>	<b>IST</b>																																					
Bungalow (1)	Index =100%																																					
EFH (0,8)	85%																																					
RH-Zeile (0,6)	80%																																					
MFH (0,5)	75%																																					
2.2	<table border="1"> <tr> <td colspan="5">Transmission/Dämmung</td> <td rowspan="7">Siehe Tabelle</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Abnahme der Wärmeverluste bei unterschiedlichen Dämmstoffdicken (Basis : WLK 040)</b></td> </tr> <tr> <td><b>Bauteil</b></td> <td><b>IST (Index)</b></td> <td><b>4 cm</b></td> <td><b>8 cm</b></td> <td><b>12 cm</b></td> </tr> <tr> <td><b>Außenwand</b></td> <td>100%</td> <td>19%</td> <td>26%</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td><b>Dach</b></td> <td>100%</td> <td>24%</td> <td>32%</td> <td>48%</td> </tr> <tr> <td><b>Kellerdecke</b></td> <td>100%</td> <td>18%</td> <td>24%</td> <td>39%</td> </tr> <tr> <td><b>Fenster</b></td> <td>100% (Isolierverglasung)</td> <td colspan="3">50% (Wärmeschutzverglasung)</td> </tr> </table>	Transmission/Dämmung					Siehe Tabelle	<b>Abnahme der Wärmeverluste bei unterschiedlichen Dämmstoffdicken (Basis : WLK 040)</b>					<b>Bauteil</b>	<b>IST (Index)</b>	<b>4 cm</b>	<b>8 cm</b>	<b>12 cm</b>	<b>Außenwand</b>	100%	19%	26%	30%	<b>Dach</b>	100%	24%	32%	48%	<b>Kellerdecke</b>	100%	18%	24%	39%	<b>Fenster</b>	100% (Isolierverglasung)	50% (Wärmeschutzverglasung)			
Transmission/Dämmung					Siehe Tabelle																																	
<b>Abnahme der Wärmeverluste bei unterschiedlichen Dämmstoffdicken (Basis : WLK 040)</b>																																						
<b>Bauteil</b>	<b>IST (Index)</b>	<b>4 cm</b>	<b>8 cm</b>	<b>12 cm</b>																																		
<b>Außenwand</b>	100%	19%	26%	30%																																		
<b>Dach</b>	100%	24%	32%	48%																																		
<b>Kellerdecke</b>	100%	18%	24%	39%																																		
<b>Fenster</b>	100% (Isolierverglasung)	50% (Wärmeschutzverglasung)																																				

### 3.11 Massives Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen

Der derzeit bedeutendste Antrieb, erneuerbare Energien zu nutzen und Energieeffizienzpotenziale auszuschöpfen, ist der Klimawandel bzw. der Klimaschutz. Eine weitere Triebkraft ist die Endlichkeit fossiler Energieträger. Diese drückt sich vorrangig in der *Erwartung* von Knappheiten aus, da bisher keine strukturellen globalen Verfügbarkeitsgrenzen erreicht wurden (Stichwort *Peak Oil*). Generell kann die Aussage getroffen werden, dass je geringer die Vorkommen fossiler Energieträger sind, desto höher die Beiträge erneuerbarer Energien und die der Energieeffizienz werden müssen, um zukünftig eine sichere Energieversorgung zu gewährleisten.

Am Beispiel flüssiger Kohlenwasserstoffe soll der Sachverhalt physischer/struktureller Knappheiten verdeutlicht werden: Zu unterscheiden sind konventionelle und unkonventionelle flüssige Kohlenwasserstoffe. Erstere bezeichnen Öl mit einer bestimmten Viskosität, das mit derzeitigen Produktionsmethoden gefördert werden kann. Letztere fassen Ölsorten mit höherer Viskosität zusammen, sowie Öle, die bisher entweder aufgrund geologischer, topographischer, logistischer oder technischer Restriktionen nicht

gefördert werden können.<sup>132</sup> Während sich die Anzeichen mehren, dass konventionelle Öle ein globales Produktionsmaximum erreicht haben oder absehbar erreichen werden, kann die Produktion unkonventioneller Ölsorten noch weiterhin gesteigert werden. Kontrovers wird diskutiert, wie groß die Vorkommen unkonventioneller Öle überhaupt sind und welchen Einfluss technologischer Fortschritt für die Ausbeutung dieser Vorkommen hat. Diskutiert wird außerdem, innerhalb welcher Zeiträume unkonventionelle Öle ausgebeutet werden können. In den vergangenen Jahren rückten solche Öle stärker in den Blickpunkt von langfristigen Versorgungsplanungen, dies liegt unter anderem daran, dass die Produktion konventioneller Öle vielerorts ihr Maximum überschritten hat.

Tagesaktuell werden Ölvorkommen nördlich des Polarkreises (sogenanntes Polaröl) thematisiert. Russland hat jüngst Besitzansprüche auf ausgedehnte Seegebiete nördlich des Polarkreises erhoben. Bisher liegen keine fundierten Erkenntnisse über die möglichen Mengen an Erdöl vor, die in dieser Region existieren und in der Zukunft produziert werden könnten. Nichtsdestotrotz ist die offen kommunizierte und propagierte Annahme bzw. Vermutung, dass sich nördlich des Polarkreises große Vorkommen befinden *könnten*, von großer Wichtigkeit. Denn dadurch wird unterstellt, dass sich eine strukturelle Knappheit fossiler Energieträger in naher Zukunft nicht einstellen würde. Das wiederum schwächt eines der zentralen Argumente, die für Erneuerbare und Energieeffizienz sprechen, nämlich die Endlichkeit fossiler Energieträger. Somit wird der Druck auf die ressourcenseitige Notwendigkeit eines Umstiegs auf ein nach-fossiles Energiesystem reduziert.

Grundsätzlich ist die Erschließung unkonventioneller Energievorkommen als globale Entwicklung zu betrachten, auch wenn solche Vorkommen regional unterschiedlich verteilt sind. Dies rührt unter anderem daher, dass Energie international gehandelt wird und Rohstoffknappheiten daher auch global wirksam werden. Ein weiterer Grund steht ebenfalls mit globalisierten Märkten in Zusammenhang: Technologien zur Produktion unkonventioneller Energieträger werden oft von international tätigen Unternehmen entwickelt und eingesetzt. Transnationale Investitionstätigkeiten führen also dazu, dass verschiedenste Staaten (z. B. über Steuereinnahmen) von der Erschließung von Vorkommen profitieren, die selbst ressourcenarm sind.

Der Begriff *unkonventionelles Erdgas* bezieht sich hauptsächlich auf so genannte entlegene Gasquellen, die entweder fernab von Gasleitungsinfrastrukturen liegen oder so klein sind, dass sich eine Erschließung nach heutiger Logistik ökonomisch nicht lohnt. Eine große Rolle spielen in diesem Zusammenhang neue Technologien, allen voran Gas-to-Liquid-Technologien (GtL), mit denen entlegene Gasquellen zu niedrigen Ko-

---

<sup>132</sup> Zu diesen gehören Ölschiefer, polare Ölvorkommen (nördlich des Polarkreises), Ölsande, Schwerstöle, teilweise auch Schweröle. Eingeschränkt kann auch verflüssigte Kohle zu den unkonventionellen Ölen gezählt werden.

sten erschlossen werden sollen. Bisher wurden entsprechende Kostenregimes allerdings nicht in der Praxis bestätigt.

Beständig hohe Energiepreise können zum Erschließen solcher unkonventioneller Öl- und Gasquellen führen. Sollten diese Vorkommen tatsächlich nutzbar gemacht werden, würde sich der bei den polaren Ölvorkommen beschriebene Trend hinsichtlich der bloßen Erwartung verstärken: Die ressourcenseitige Notwendigkeit eines Umstiegs auf erneuerbare Energien und die verstärkte Erschließung von Effizienzpotenzialen würde geschwächt. Gepaart mit Ansätzen, CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre fernzuhalten (über Carbon Capture and Storage, kurz CCS), um trotz der Verbrennung fossiler Energieträger den Klimawandel abzumildern, könnte eine solche Erschließung unkonventioneller Quellen die Ausbaudynamik von REG und REN deutlich abschwächen.

## 4 Erneuerbare Energien und internationale Wahrnehmung

### 4.1 Analyse der strategischen Rolle erneuerbarer Energien für den Klimaschutz durch eine Untersuchung aktueller sowie historischer Weltenergieszenarien.

Im Folgenden werden drei aktuelle Energieszenarien im Hinblick darauf untersucht wie sie die zukünftige Entwicklung des globalen Energiesystems und speziell der erneuerbaren Energien einschätzen. Dabei wird zum einen betrachtet, im welchem Umfang und in welcher Geschwindigkeit die verschiedenen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien nach Auffassung der jeweiligen Autoren der Studien ausgebaut werden können. Zum anderen werden die Einschätzungen der Studien in Bezug auf den Beitrag anderer, möglicherweise mit dem Ausbau erneuerbarer Energien konkurrierender Klimaschutzoptionen aufgezeigt und diskutiert. Ziel ist es, aus dieser Analyse Erkenntnisse zu gewinnen, welche Rolle erneuerbare Energien im globalen Klimaschutz nach übereinstimmender Meinung verschiedener Expertengruppen spielen werden und in welchen Bereichen es signifikant unterschiedliche Einschätzungen und damit höhere Unsicherheiten gibt.

Aus den folgenden drei Studien (alle 2008 erschienen) wurde für die Analyse jeweils ein ambitioniertes Klimaschutzszenario ausgewählt:

- World Energy Outlook 2008, IEA (Szenario "450-ppm")
- Energy Technology Perspectives 2008, IEA (Szenario „BLUE-Map“)
- energy [r]evolution, EREC/Greenpeace (Szenario "energy [r]evolution")

Der World Energy Outlook 2008 (WEO 2008) betrachtet den Zeitraum bis 2030, während die Szenarien der Studien Energy Technology Perspectives 2008 (ETP 2008) und energy [r]evolution (e[r] 2008) einen Untersuchungszeitraum bis 2050 haben.

Alle drei ausgewählten Szenarien sind explizite Klimaschutzszenarien, d. h. sie verfolgen jeweils das Ziel, eine mittel- bis langfristige Entwicklung des globalen Energiesystems zu beschreiben, die die Erderwärmung auf ein für die Menschheit erträgliches Niveau begrenzt.<sup>133</sup> Dieses Niveau wird allerdings unterschiedlich definiert: Die beiden Szenarien der IEA-Studien streben eine langfristige Stabilisierung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentration bei 450 ppm an und sehen dieses Ziel als erreichbar an, wenn die jährlichen globalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um rund 50 % auf dann 14 Gt sinken. Das Klimaschutzszenario von EREC/Greenpeace strebt hingegen an, die jährlichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bis Mitte des Jahrhunderts auf maximal 10 Gt zu senken, um dadurch zu verhindern, dass ein durchschnittli-

---

<sup>133</sup> Es handelt sich also um so genannte „Backcasting“-Szenarien, da alle drei Szenarien ein bestimmtes zukünftiges Ziel formulieren, das im Verlauf des Szenarios zu erreichen ist.

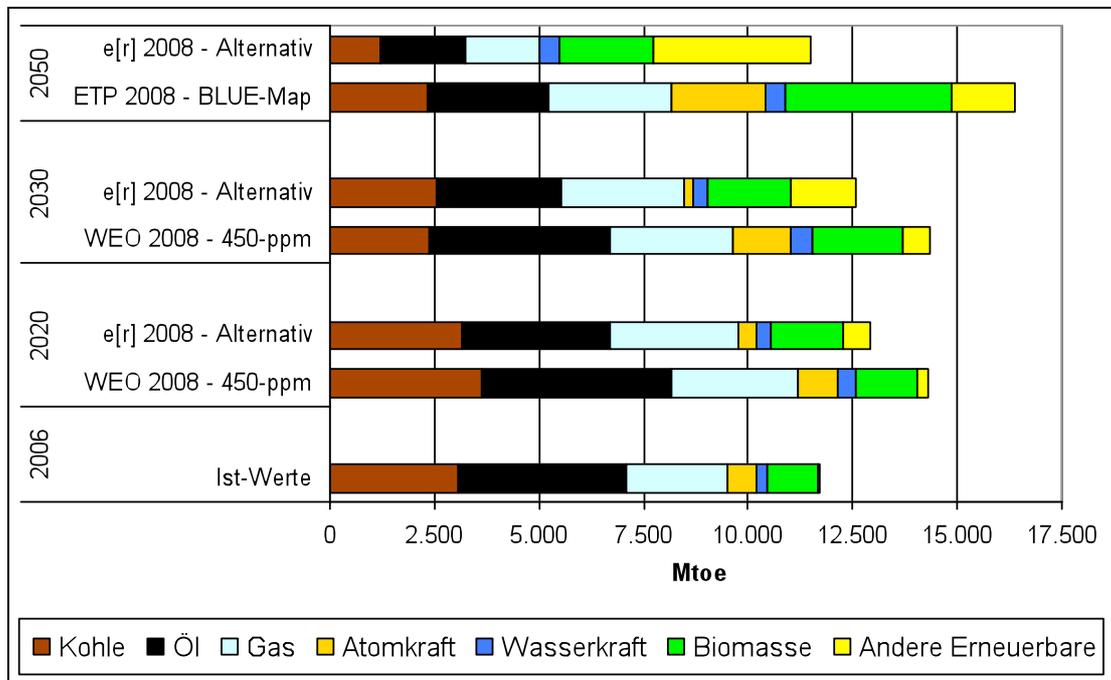
cher globaler Temperaturanstieg von 2 °C gegenüber der vorindustriellen Zeit überschritten wird.

#### 4.1.1 Bedeutung erneuerbarer Energien

##### 4.1.1.1 Primärenergieversorgung

Wie auch in anderen, hier nicht näher betrachteten globalen Klimaschutzszenarien ist in allen drei untersuchten Szenarien zu erkennen, dass die Nutzung von erneuerbaren Energien in den kommenden Jahrzehnten deutlich zunehmen wird. Abb. 4-1 verdeutlicht dies anhand der in den Szenarien beschriebenen Primärenergieversorgung in den Jahren 2020, 2030 und 2050.

Abb. 4-1. Globale Primärenergieversorgung nach Energieträgern (in Mtoe) in 2006 (Ist-Werte) und in den untersuchten Szenarien in 2020, 2030 und 2050



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a, IEA 2008b und EREC/Greenpeace 2008

In allen drei Szenarien steigt die Nutzung der Biomasse, des gegenwärtig global bei weitem bedeutendsten erneuerbaren Energieträgers, weiter an. Im Jahr 2030 liegt die Biomassenutzung im e[r]-Szenario 68 % und im 450-ppm-Szenario 79 % über der gegenwärtigen Nutzung (Jahr 2006). Deutlicher unterscheidet sich hingegen die Situation im Jahr 2050 im e[r]-Szenario und dem Blue-Map-Szenario. Im e[r]-Szenario steigt die Biomassenutzung nach 2030 moderat weiter an und liegt Mitte des Jahrhunderts rund 90 % über dem gegenwärtigen Niveau, während sich der energetische Biomasseinsatz im BLUE-Map-Szenario gegenüber 2006 mehr als verdreifacht (+233 %) und dann bei fast 4.000 Mtoe (knapp 170 EJ) liegt. Diese abweichenden Szenarioergebnisse

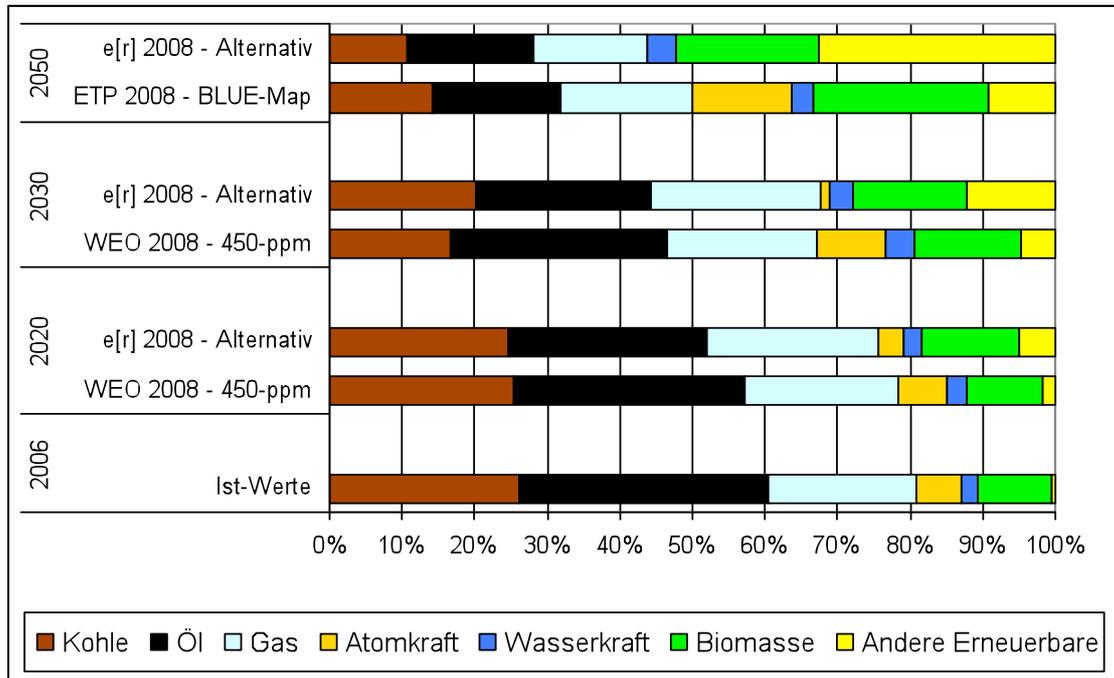
sind wahrscheinlich primär auf unterschiedliche Einschätzungen bezüglich der Menge an nachhaltig nutzbarer Biomasse zurückzuführen.

Auch die Wasserkraft, derzeit weltweit der zweitwichtigste erneuerbare Energieträger, wird in allen drei Szenarien in den kommenden Jahrzehnten stärker genutzt. Bis 2030 wird im 450-ppm-Szenario ein Wachstum von knapp über 100 % realisiert, während die anderen beiden hier untersuchten Szenarien selbst bis 2050 nur ein Wachstum um 76 % (e[r]-Szenario) bzw. 81 % (BLUE-Map-Szenario) erwarten. Ähnlich wie bei der Biomassenutzung dürften auch hier hauptsächlich unterschiedliche Bewertungen der sozial-ökologischen Restriktionen des Ausbaus die Differenzen erklären.

Die restlichen erneuerbaren Energien (Sonne, Wind, Geothermie und Meeresenergie) trugen im Jahr 2006 mit 66 Mtoe nur rund 0,6 % zur globalen Primärenergieversorgung bei. In allen drei Szenarien steigt die Nutzung dieser Energieträger in den kommenden Jahrzehnten aber deutlich. Auch aufgrund ihres niedrigen Anfangsniveaus können diese Energieträger den stärksten relativen Anstieg vermerken. 2030 liegt ihre Nutzung um knapp 1.000 bis über 22.000 % über der Nutzung im Jahr 2006.

Abb. 4-2 zeigt die *relative* Bedeutung der unterschiedlichen Energieträger in den untersuchten Szenarien für die Jahre 2020, 2030 und 2050. Auch hier wird der erwartete Bedeutungszuwachs der erneuerbaren Energien in den kommenden Jahrzehnten deutlich. Ihr Anteil an der globalen Primärenergieversorgung steigt von derzeit 13 % bis 2030 auf 23 % (450-ppm-Szenario) bzw. 31 % (e[r]-Szenario) an. Bis zur Mitte des Jahrhunderts decken die erneuerbaren Energien im e[r]-Szenario mit 56 % sogar über die Hälfte des globalen Primärenergiebedarfs. Dieser hohe Anteil ist nicht zuletzt auf sehr optimistische Annahmen bezüglich der zukünftigen Erschließung von Energieeffizienzpotenzialen zurückzuführen (siehe unten). Im BLUE-Map-Szenario der IEA erfolgt die globale Primärenergieversorgung im Jahr 2050 immerhin zu 36 % aus erneuerbaren Energien.

Abb. 4-2. Anteile verschiedener Energieträger in der globalen Primärenergieerzeugung (in %) in 2006 (Ist-Werte) und in den untersuchten Szenarien in 2020, 2030 und 2050



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a, IEA 2008b und EREC/Greenpeace 2008

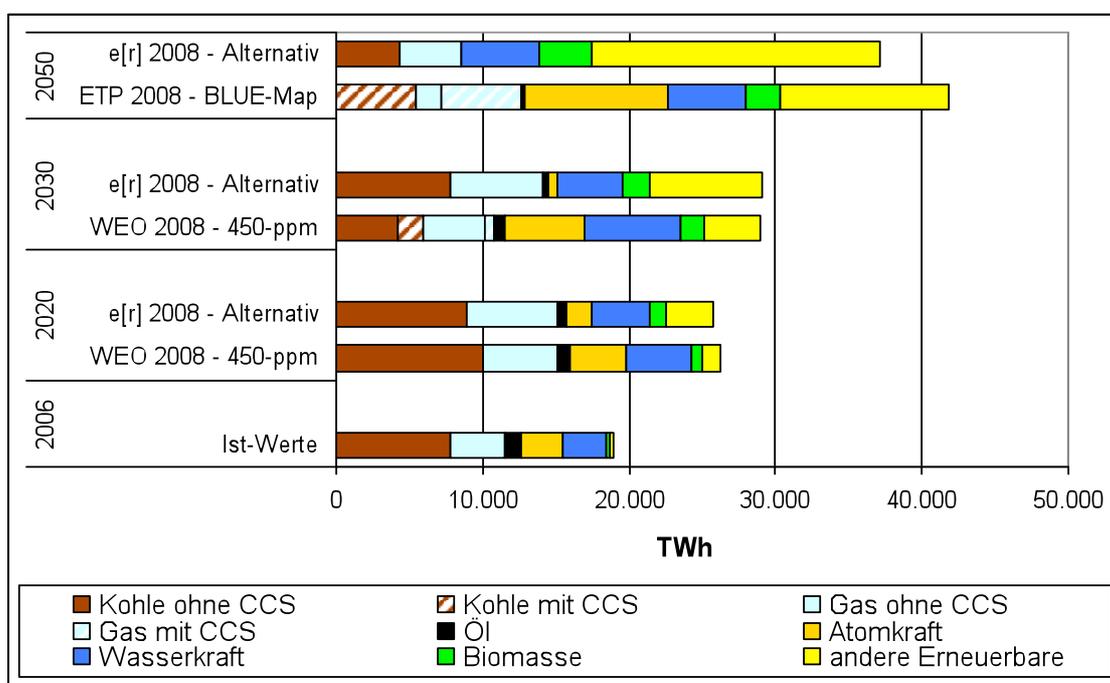
Innerhalb der erneuerbaren Energien erhöhen neben der Biomasse insbesondere die „anderen“ erneuerbaren Energien ihre Anteile deutlich. Im e[r]-Szenario liegt im Jahr 2050 der Anteil von Windkraft, Sonnenenergie, Geothermie und Meeresenergie bei einem Drittel, im BLUE-Map-Szenario bei knapp 10 %. Im e[r]-Szenario umfasst die Sonnenenergie im Jahr 2050 fast die Hälfte der „anderen“ erneuerbaren Energien, die Geothermie knapp ein Drittel und die Windenergie 18 %. Eine entsprechende Aufschlüsselung der erneuerbaren Energien liegt für die IEA-Szenarien nicht vor.

**Fazit.** In Bezug auf die zukünftige Rolle erneuerbarer Energien in der Primärenergieversorgung unter den Rahmenbedingungen eines ambitionierten Klimaschutzes lässt sich aus den drei betrachteten Szenarien schlussfolgern, dass erneuerbare Energien in den nächsten Jahrzehnten in jedem Fall einen bedeutenden Beitrag zur Senkung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten werden (müssen). Der Ausbau der Wasserkraft und die stärkere Nutzung von Biomasse werden allerdings durch ihr jeweiliges (nachhaltig) nutzbares Potenzial begrenzt. Diese Grenzen werden von den Entwicklern der Szenarien unterschiedlich eingeschätzt. In allen betrachteten Szenarien steigen auch die Beiträge der anderen erneuerbaren Energien (insbesondere Sonnenenergie, Windenergie und Geothermie) deutlich. Über die Ausbaudynamik der zu ihrer Nutzung notwendigen Technologien gibt es aber sehr unterschiedliche Einschätzungen, die zum einen auf abweichende Annahmen zur Entwicklung der Wirtschaftlichkeit dieser Technologien zurückzuführen sind, zum anderen auf Annahmen zum Einsatz anderer Optionen zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen (insbesondere ob und inwieweit auf die Atomenergie und auf CCS-Technologien zurückgegriffen wird).

#### 4.1.1.2 Strom

Die Bedeutung der beiden letztgenannten Optionen wird deutlicher durch einen Blick auf den Energieträgermix der Stromerzeugung. Abb. 4-3 zeigt die zur weltweiten Stromerzeugung eingesetzten Energieträger, erneut für die Jahre 2020, 2030 und 2050. Unabhängig von den einzelnen Energieträgern fällt zunächst auf, dass die untersuchten Szenarien bei der zukünftigen Entwicklung des Strombedarfs näher beieinander liegen als beim Primärenergiebedarf (vgl. Abb. 4-1). Bis zum Jahr 2030 erwarten sowohl das e[r]-Szenario als auch das 450-ppm-Szenario einen Anstieg der globalen Stromerzeugung um etwas über 50 % gegenüber 2006. Bis zum Jahr 2050 wird sich die Stromerzeugung verdoppeln (e[r]-Szenario) bzw. um 124 % ansteigen (BLUE-Map-Szenario).

Abb. 4-3. Stromerzeugung (in TWh) nach Energieträgern in 2006 (Ist-Werte) und in den untersuchten Szenarien in 2020, 2030 und 2050

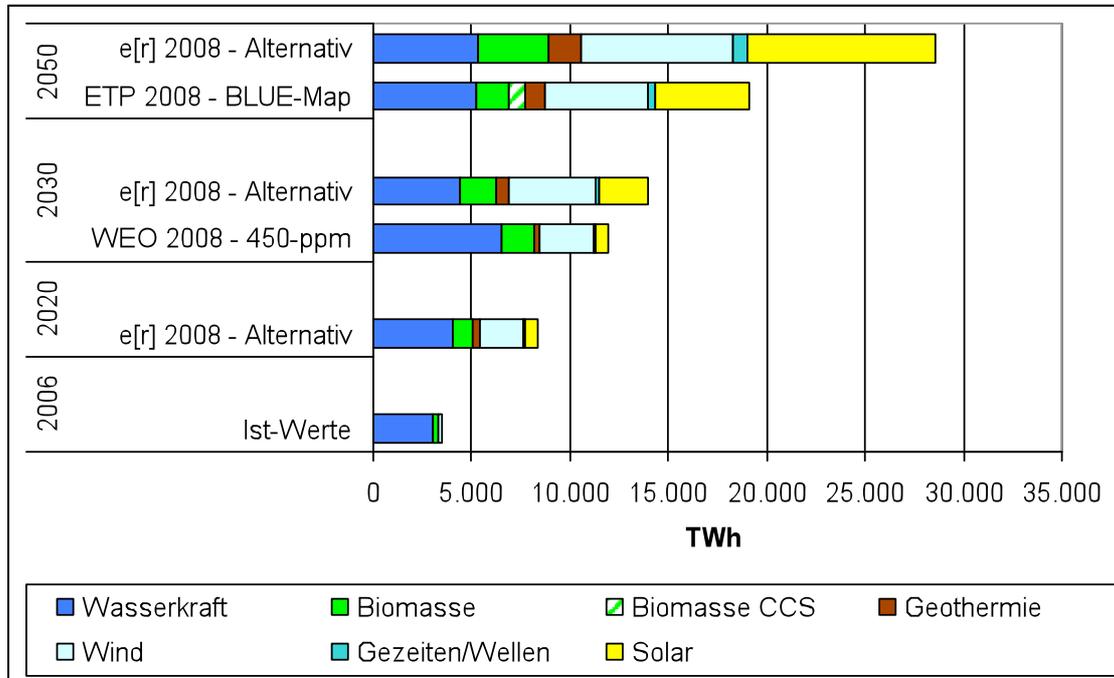


Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a, IEA 2008b und EREC/Greenpeace 2008

Neben der stärkeren Nutzung der Wasserkraft und der Biomasse ist es vor allem der enorme Anstieg der Beiträge der „anderen“ erneuerbaren Energieträger, der in den Szenarien bis Mitte des Jahrhunderts zu hohen Anteilen der erneuerbaren Energien an der globalen Stromerzeugung führt. Im e[r]-Szenario liegt dieser Anteil im Jahr 2050 bei 77 %, im Blue-Map-Szenario bei 46 %. Insbesondere die unterschiedliche Nutzung der „anderen“ erneuerbaren Energieträger sowie die Nutzung von (bzw. der Verzicht auf) Atomenergie und CCS-Technologien ist dabei verantwortlich für die abweichenden Deckungsbeiträge der erneuerbaren Energien. In der folgenden Abb. 4-4 wird für die weitere Analyse der Unterschiede innerhalb der betrachteten Szenarien der Beitrag

aller erneuerbaren Energien zur globalen Stromerzeugung nach einzelnen erneuerbaren Energieträgern separat aufgeführt.<sup>134</sup>

Abb. 4-4. Stromerzeugung (in TWh) auf Basis erneuerbarer Energien nach Energieträgern in 2006 (Ist-Werte) und in den untersuchten Szenarien in 2020, 2030 und 2050



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a, IEA 2008b und EREC/Greenpeace 2008

Die größten Differenzen innerhalb der drei Szenarien in Bezug auf die erneuerbare Stromversorgung betreffen die Erwartungen zum zukünftigen Ausbau der Windenergie und insbesondere zum Ausbau der verschiedenen Solartechnologien. Mitte des Jahrhunderts werden im e[r]-Szenario etwa 7.700 TWh aus Windenergie erzeugt, was dem 60-fachen der globalen Erzeugung des Jahres 2006 entspricht. Der entsprechende Wert im BLUE-Map-Szenario der IEA liegt um ein Drittel niedriger, bei etwas über 5.000 TWh. Die Sonnenenergie ist im e[r]-Szenario im Jahr 2050 vor der Windenergie der bedeutendste Energieträger zur Stromerzeugung. Über 9.600 TWh werden dann durch Fotovoltaikanlagen und solarthermische Kraftwerke erzeugt. Dieser Wert ist doppelt so hoch im Vergleich zu der solaren Stromerzeugung im gleichen Jahr im BLUE-Map-Szenario.

Unterschiedliche Einschätzungen innerhalb der Szenarien gibt es auch in Bezug auf die Geschwindigkeit des Ausbaus der verschiedenen Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Im e[r]-Szenario spielt beispielsweise die Sonnenenergie bereits im Jahr 2030 eine bedeutende Rolle in der globalen Stromproduktion. Sie erzeugt

<sup>134</sup> Auf die Rolle anderer Optionen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion (neben Atomenergie und CCS-Technologie auch Energieeffizienz) wird weiter unten in Abschnitt 4.1.2. eingegangen.

dann mit über 2.500 TWh eine Strommenge, die 57 % der Stromproduktion aus Wasserkraftwerken (im gleichen Jahr) entspricht. Im 450-ppm-Szenario des World Energy Outlook 2008 werden 2030 hingegen nur knapp 700 TWh aus Sonnenenergie gewonnen, was im e[r]-Szenario bereits zehn Jahre zuvor erreicht wird.

**Fazit.** Der Blick auf die zukünftige Stromerzeugung in den verschiedenen Szenarien verdeutlicht, dass ein Mix aus vielen verschiedenen erneuerbaren Energieträgern notwendig sein wird, um einen für ambitionierten Klimaschutz unerlässlichen hohen Anteil erneuerbarer Energien an der globalen Stromerzeugung zu ermöglichen. Hierzu bedarf es technologischer Fortschritte und eines dynamischeren Ausbaus aller Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Der Blick bis 2050 in zwei der drei Szenarien lässt erkennen, dass langfristig wahrscheinlich die Wind- und insbesondere die Solarenergie im Mittelpunkt einer klimaverträglichen Stromerzeugung stehen werden.

#### 4.1.1.3 Angenommene Lernraten von Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

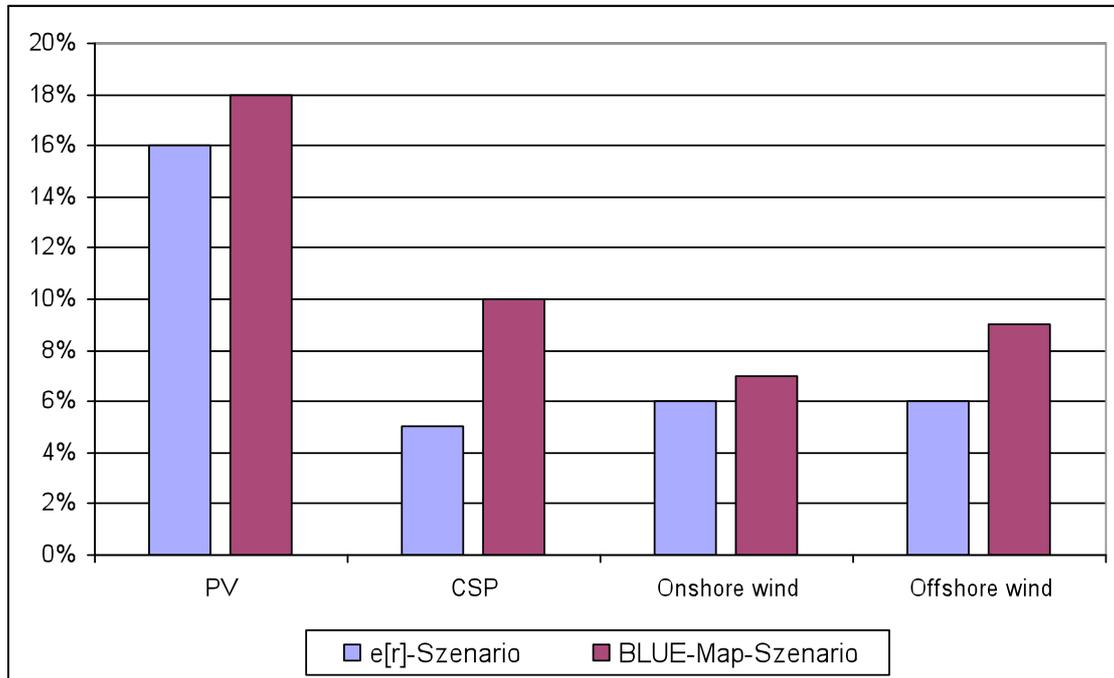
Abb. 4-5 zeigt die angenommenen Lernraten<sup>135</sup> von vier verschiedenen Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im e[r]-Szenario und im BLUE-Map-Szenario.<sup>136</sup> Es wird deutlich, dass dem e[r]-Szenario trotz der stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien keineswegs optimistischere Annahmen bezüglich der Kostendegression der entsprechenden Technologien Nutzung zugrunde liegen als dem BLUE-Map-Szenario. Im Gegenteil, die im BLUE-Map-Szenario angenommenen Lernraten sind bei den Technologien, bei denen ein Vergleich möglich ist, sogar etwas (bei solarthermischen Kraftwerken deutlich) höher als im e[r]-Szenario. Dass im e[r]-Szenario dennoch ein höherer Ausbau erneuerbarer Energien stattfindet, dürfte nicht zuletzt darauf zurückzuführen sein, dass hier mit der Atomkraft und CCS-Technologien alternative Optionen zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen annahmegemäß nicht zur Verfügung stehen.

---

<sup>135</sup> Als Lernrate wird die zu beobachtende Kostensenkung einer Technologie bezeichnet, wenn sich ihre Produktion oder installierte Kapazität verdoppelt. Empirische Studien legen nahe, dass die Lernraten im Zeitverlauf lange Zeit konstant sind, sich aber je nach Technologie unterscheiden.

<sup>136</sup> Während alle drei hier betrachteten Szenarien mit dem Lernratenkonzept arbeiten, werden lediglich bei der Beschreibung dieser beiden Szenarien explizit die verwendeten Lernraten von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien aufgeführt.

Abb. 4-5. Angenommene Lernraten verschiedener Stromerzeugungstechnologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger in zwei verschiedenen Energieszenarien bis 2050



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a und EREC/Greenpeace 2008

#### 4.1.2 Bedeutung von Klimaschutzoptionen jenseits der erneuerbaren Energien

Neben der verstärkten Nutzung von erneuerbaren Energien gibt es weitere Optionen, um den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Hierzu zählen die Atomenergie zur Stromerzeugung, Technologien zur Abscheidung und Sequestrierung von CO<sub>2</sub> in der Stromerzeugung und der Industrieproduktion und schließlich auch Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sowohl im Bereich des Energieangebots bzw. der Energieumwandlung als auch im Energienachfragebereich. Diese verschiedenen Technologien und Maßnahmen „konkurrieren“ als Klimaschutzoptionen mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien und können über Zusammenhänge im Energiesystem auch die Wirtschaftlichkeit beeinflussen. Im Folgenden wird daher untersucht, welche Annahmen die drei untersuchten Szenarien über diese weiteren Klimaschutzoptionen treffen und inwiefern die unterschiedlichen Annahmen die zukünftige Rolle der erneuerbaren Energien im globalen Energiesystem beeinflussen.

##### 4.1.2.1 Atomenergie

Grundsätzlich unterschiedliche Annahmen werden in den drei Szenarien in Bezug auf die zukünftige Nutzung der Atomenergie getroffen. Da sich Greenpeace gegen die Nutzung dieser Technologie einsetzt, ist in dem e[r]-Szenario der unter anderem von ihr beauftragten Studie ein allmählicher Ausstieg aus der Atomenergie vorgesehen: Bis zum Jahr 2030 wird die globale Kapazität der Atomkraftwerke auf ein Viertel der Kapazität des Jahres 2006 reduziert. Zwischen 2040 und 2050 stellen die letzten Atom-

kraftwerke ihren Betrieb ein. Beide hier untersuchten Szenarien der IEA, insbesondere das BLUE-Map-Szenario, sehen hingegen eine deutliche Ausweitung der Atomenergienutzung vor. Im 450-ppm-Szenario verdoppelt sich die Stromproduktion aus Atomkraftwerken zwischen 2006 und 2030. Im BLUE-Map-Szenario steigt die Atomstromproduktion bis 2050 auf rund 10.000 TWh, das 3,5-fache der heutigen Produktion.<sup>137</sup>

Die IEA sieht Atomenergie als wirtschaftliche Stromerzeugungstechnologie an, deren zukünftiger Ausbau in ihrem Klimaschutzszenario BLUE-Map durch eine (auf Daten aus der Vergangenheit basierenden) jährliche Ausbauobergrenze limitiert wird. Aufgrund des Ausbaus der Atomenergie ist im BLUE-Map-Szenario ein Teil der im Stromsektor notwendigen Klimaschutzmaßnahmen abgedeckt. Der Ausbau der erneuerbaren Energien muss folglich nicht in dem Maße geschehen, wie dies bei einem Verzicht auf den Ausbau bzw. die Nutzung von Atomenergie der Fall wäre. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass der hohe Anteil an Atomenergie und Kohlestrom die Integration schwankender erneuerbarer Energiequellen wie Wind und Sonne einschränkt. Dieser mögliche Konflikt wird in der Studie Energy Technology Perspectives 2008 nicht explizit thematisiert, könnte allerdings ein zusätzlicher Grund dafür sein, dass fluktuierende erneuerbare Energien im BLUE-Map-Szenario im Jahr 2050 nur 25 % zur globalen Stromproduktion beisteuern, während dies im gleichen Jahr im e[r]-Szenario 49 % sind.

#### 4.1.2.2 CCS-Technologien

Der Einsatz von Technologien zur Abscheidung und Sequestrierung von CO<sub>2</sub> wird von Greenpeace aus ökonomischen, ökologischen und sozialen Gründen kritisch betrachtet. Im e[r]-Szenario ist keinerlei CCS-Nutzung vorgesehen. In den beiden IEA-Szenarien werden hingegen die Fortentwicklung und der Einsatz der CCS-Technologien gewünscht und angenommen. Nach 2020 findet in diesen Szenarien eine zunehmende Nutzung von CCS im Kraftwerks- und Industriebereich statt. Wie Abb. 4-3 (siehe oben) zeigt, wird im 450-ppm-Szenario im Jahr 2030 bereits rund 30 % der Stromproduktion aus Kohlekraftwerken in Kraftwerken mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Sequestrierung erzeugt zusätzlich stammen 14 % der Stromproduktion aus Gaskraftwerken aus Kraftwerken mit entsprechender Technologie.<sup>138</sup>

---

<sup>137</sup> Der in den beiden IEA-Szenarien antizipierte starke Ausbau der Atomenergienutzung ist nach einer im September 2009 veröffentlichten Untersuchung des Beratungsunternehmens Prognos AG als unplausibel einzuschätzen. Nach der Prognos-Studie ist davon auszugehen, dass es bis 2030 zu einem Rückgang der weltweit in Atomkraftwerken erzeugten Strommenge kommen wird. Die in den kommenden 20 Jahren altersbedingt vom Netz gehenden Reaktoren können aufgrund verschiedener Faktoren (u. a. Produktionsengpässe, Finanzierungsschwierigkeiten und Fachkräftemangel) nicht durch Neubauten kompensiert werden. Die Anzahl der weltweit betriebenen Atomkraftwerke sinkt der Studie zufolge bis 2030 voraussichtlich um 29 %.

<sup>138</sup> Die Annahme, dass bereits im Jahr 2030 so hohe Anteile an fossil erzeugtem Strom aus CCS-Kraftwerken bereitgestellt werden können, erscheint äußerst ambitioniert. Die meisten Experten ge-

Die gesamte Stromerzeugung aus Kohle findet im BLUE-Map-Szenario im Jahr 2050 in CCS-Anlagen statt, auch der Großteil der Gaskraftwerkskapazität wird mit dieser Technologie ausgestattet sein. Insgesamt wird dann über ein Viertel der globalen Stromproduktion in CCS-Kraftwerken erzeugt. Nach 2030 wird CCS in diesem Szenario außerdem verstärkt auch in anderen Bereichen der Energieumwandlung (z. B. in Raffinerien) und in energieintensiven Industriebranchen eingesetzt. Im Jahr 2050 ist es als Folge der CCS-Nutzung notwendig, eine Menge von 10,4 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr zu sequestrieren, über ein Drittel des gegenwärtigen jährlichen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.

Der angenommene großflächige Einsatz von CCS-Technologien ermöglicht im Hinblick auf Klimaschutz auch für die kommenden Jahrzehnte eine weitere Nutzung fossiler Energien in ähnlichem Umfang wie heute.<sup>139</sup> Im 450-ppm-Szenario liegt die Nutzung fossiler Energieträger im Jahr 2030 sogar etwas über der Nutzung im Jahr 2006 (vgl. Abb. 4-1). Im BLUE-Map-Szenario werden fossile Energieträger im Jahr 2050 gegenüber 2006 nur in einem etwa 14 % niedrigeren Umfang genutzt. Allerdings verschiebt sich über die Jahrzehnte auch in beiden IEA-Szenarien der fossile Primärenergiemix etwas zuungunsten der CO<sub>2</sub>-intensiven Kohle und zugunsten des relativ CO<sub>2</sub>-armen Erdgases. Trotz eines insgesamt höheren globalen Energiebedarfs gegenüber dem Szenario von EREC/Greenpeace wird durch den fortgesetzten Einsatz fossiler Energien (sowie durch das etwas weniger ambitionierte Emissionsreduktionsziel) in den beiden IEA-Szenarien auf einen ähnlich starken Ausbau der erneuerbaren Energien wie im e[r]-Szenario verzichtet.

#### 4.1.2.3 Steigerung der Energieeffizienz

Neben der verstärkten Nutzung CO<sub>2</sub>-freier bzw. CO<sub>2</sub>-armer Energieträger und Technologien wird in Bemühungen zur Verringerung der Energienachfrage eine weitere unverzichtbare Option zur drastischen Verringerung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen gesehen. Um die Energienachfrage bei gegebenem Wirtschaftswachstum zu reduzieren, ist eine Senkung der Energieintensität, also eine Verringerung der eingesetzten Primärenergie pro Einheit wirtschaftlichen Outputs notwendig. Das jährliche durchschnittliche globale Wirtschaftswachstum über die Betrachtungszeiträume ist in allen drei untersuchten Szenarien identisch. Bis 2030 liegt es im 450-ppm-Szenario genauso bei 3,3 %, wie bis 2050 im BLUE-Map-Szenario und im e[r]-Szenario.<sup>140</sup>

---

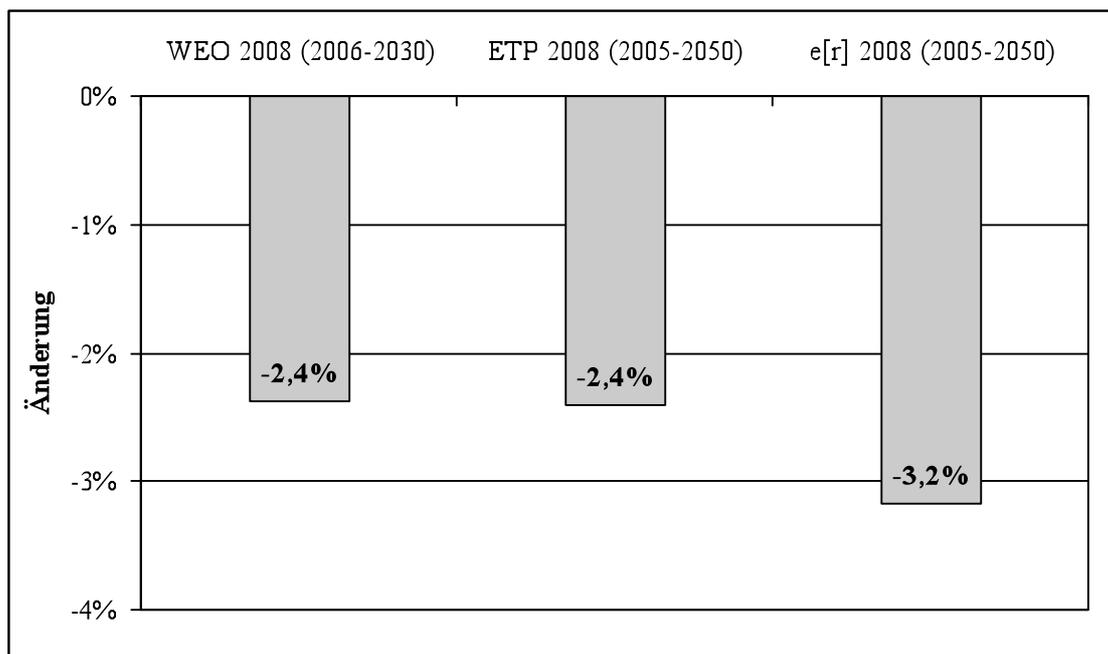
hen heute davon aus, dass kommerzielle CCS-Kraftwerke frühestens 2020 und möglicherweise nicht vor 2030 erstmals zum Einsatz kommen werden (vgl. Viebahn u. a. 2009).

<sup>139</sup> Restriktionen aufgrund von Ressourcenverknappungen sowie Probleme als Folge anderer mit der Nutzung fossiler Energieträger einhergehender Umweltbelastungen werden in den IEA-Szenarien offenbar nicht als (unüberwindbares) Hindernis für den breiten Einsatz von CCS gewertet.

<sup>140</sup> Die Tatsache, dass in allen drei Studien in den Klimaschutzenszenarien das gleiche Wirtschaftswachstum unterstellt wird wie in den Referenzszenarien verdeutlicht, dass Energieeinsparungen in den Klima-

In allen drei Szenarien wird über die jeweiligen Betrachtungszeiträume hinweg auch eine deutlich stärkere Verringerung der Energieintensität erzielt als in der Vergangenheit. Seit Ende des 19. Jahrhunderts hat sich die Energieintensität der Weltwirtschaft um durchschnittlich etwa 1 % pro Jahr verringert (vgl. Nakićenović u. a. 2000). Die beiden untersuchten Klimaschutzszenarien der IEA erwarten hingegen bis 2030 bzw. 2050 eine Verringerung von jährlich durchschnittlich 2,4 %, während die entsprechende Zahl im e[r]-Szenario bis 2050 sogar bei 3,2 % liegt (vgl. Abb. 4-6).

Abb. 4-6. Durchschnittliche jährliche Änderung der globalen Energieintensität in den Betrachtungszeiträumen der drei untersuchten Szenarien



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008a, IEA 2008b und EREC/Greenpeace 2008

Die angenommenen Rückgänge der globalen Energieintensität erscheinen sehr ambitioniert, müssten sie sich gegenüber der historischen Entwicklung doch mindestens verdoppeln bis verdreifachen. Auf der anderen Seite weist eine Vielzahl an wissenschaftlichen Studien darauf hin, dass in allen Regionen der Welt und in allen Bereichen der Energieumwandlung und -nutzung weitreichende Potenziale zur Verbesserung der Energieeffizienz vorhanden sind. Zudem ist bekannt, dass zwischen 1974 und 1990, in Zeiten überwiegend hoher Energiepreise, in denen zeitweise große Sorgen bezüglich der Energieversorgungssicherheit bestanden, in elf Ländern der IEA, für die detaillierte Zahlen vorliegen, durchschnittliche jährliche Verringerungen der Energieintensität von immerhin 1,9 % realisiert werden konnten (IEA 2009). Um diese deutliche Verringerung der Energieintensität in den kommenden Jahrzehnten zu erreichen, schlagen EREC

szenarien nur als Folge einer höheren Effizienz, nicht aber als Folge von Verzicht von wirtschaftlichem Output („Suffizienz“) angenommen werden.

und Greenpeace unter anderem die Einführung strikter Energieeffizienzstandards für Endgeräte, stärkere staatliche Förderung von Forschung- und Entwicklung im Bereich der Energieeffizienz und die Förderung der Elektromobilität (PKW und öffentliche Verkehrsmittel) vor.

#### **4.1.3 Fazit**

Trotz deutlicher Unterschiede in den drei betrachteten Szenarien finden sich einige Entwicklungen des globalen Energiesystems in allen Szenarien wieder. Die Vermutung liegt daher nahe, diese übereinstimmenden Entwicklungen als Voraussetzungen für das Erreichen ambitionierter Klimaschutzziele zu betrachten. Hierzu zählt insbesondere ein deutlich verstärkter Einsatz von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Technologien müssen in allen Regionen der Welt ausgebaut werden. Neben einem weiteren Ausbau der Wasserkraft und einer vermehrten energetischen Nutzung von Biomasse muss insbesondere der Beitrag der Windkraft in den kommenden Jahrzehnten stark erhöht werden. Die Solarenergie muss spätestens bis zur Mitte des Jahrhunderts eine bedeutende Rolle im globalen Energiemix spielen. An einem Ausbau von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien führt daher offenbar kein Weg vorbei, auch wenn es innerhalb der Studien etwas unterschiedliche Einschätzungen bezüglich der nachhaltigen und wirtschaftlich nutzbaren Potenziale einzelner erneuerbarer Energieträger gibt.

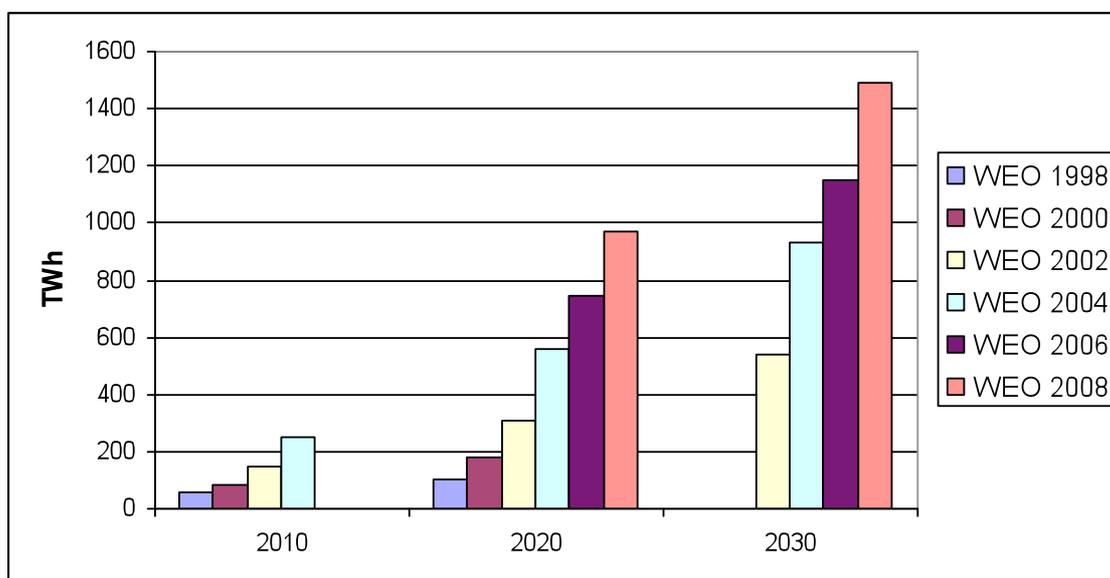
Des Weiteren wird in allen drei Szenarien deutlich, dass auch ein sehr starker Ausbau der erneuerbaren Energien alleine noch keine hinreichende Bedingung für das Einhalten ambitionierter Klimaschutzziele im Energiesystem darstellt. In jedem Fall scheint es zusätzlich notwendig, die globale Energienachfrage gegenüber ihrer „business-as-usual“-Entwicklung deutlich zu reduzieren. In den drei untersuchten Szenarien geschieht dies über eine anhaltende, signifikante Erhöhung der Energieeffizienz. Flankierend wären auch Energieeinsparungen durch Suffizienz, insbesondere in wirtschaftlich weit entwickelten Ländern möglich. Im e[r]-Szenario sind die beiden Strategien eines dynamischen Ausbaus erneuerbarer Energien und einer deutlichen Erhöhung der Energieeffizienz ausreichend, um das ambitionierte globale Klimaschutzziel bis Mitte des Jahrhunderts zu verwirklichen. Hier liegt der wesentliche Unterschied dieses Szenarios und der beiden anderen untersuchten Szenarien. In den IEA-Szenarien werden diese beiden Strategien zwar auch verfolgt, allerdings in einem geringeren Ausmaß. Daher wird in diesen Szenarien auf die Atomenergie sowie auf den Einsatz von CCS-Technologien nicht verzichtet.

## **4.2 Bedeutung erneuerbarer Energien in IEA-Referenzszenarien von 1998 bis heute**

Ein Blick auf sechs zwischen 1998 und 2008 veröffentlichte globale Referenzszenarien aus der seit 1998 jährlich erscheinenden World Energy Outlook-Serie der IEA zeigt eine sich im Zeitverlauf ändernde Einschätzung der in Zukunft erwarteten Beiträge ver-

schiedener erneuerbarer Energieträger. Aus den stetig nach oben angepassten Werten für den Beitrag verschiedener erneuerbarer Energieträger lässt sich die Dynamik des Ausbaus neuer Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien in den vergangenen zehn Jahren ableiten. Diese Dynamik war Ende des vergangenen Jahrzehnts und auch noch bis vor wenigen Jahren in den Referenzszenarien der IEA nicht vorgesehen.<sup>141</sup> Insbesondere der globale Ausbau der Windenergie und der Solarenergie ist in den letzten zehn Jahren wesentlich schneller vorangeschritten als in den Referenzszenarien der jeweiligen World Energy Outlook-Veröffentlichungen. Abb. 4-7 (Windenergie) und Abb. 4-8 (Solar- und Meeresenergie) zeigen dies anhand der Angaben für die Stromproduktion aus diesen beiden Quellen in den Referenzszenarien der Jahre 1998 bis 2008 (in Zweijahresschritten) für 2010, 2020 und 2030.<sup>142</sup>

Abb. 4-7. Weltweite Stromproduktion aus Windenergie in den Jahren 2010, 2020 und 2030 (in TWh) nach verschiedenen IEA-Referenzszenarien

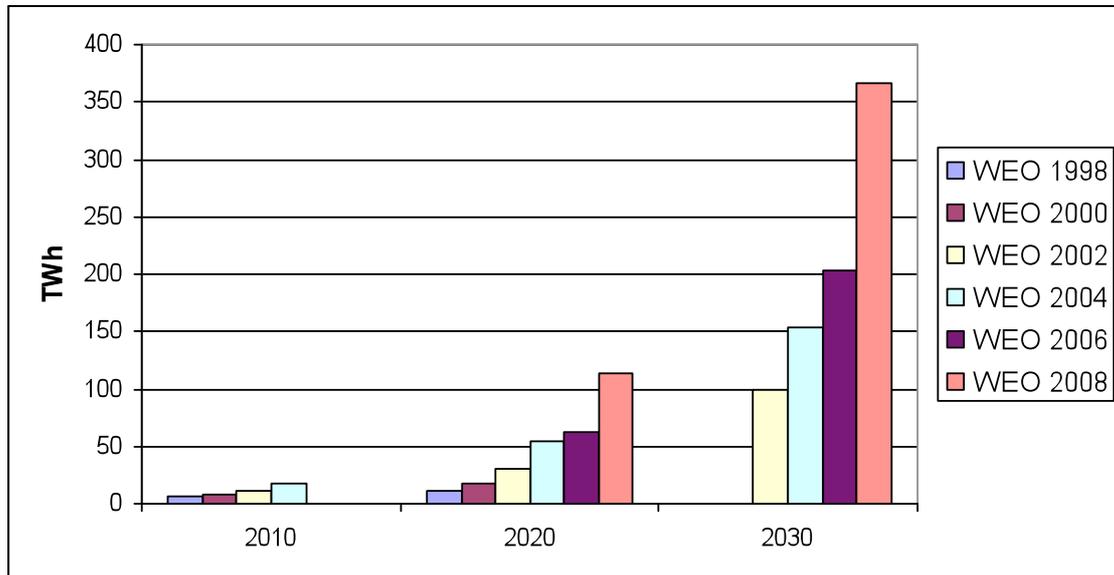


Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008b und älteren Ausgaben des World Energy Outlook (IEA 1998 bis IEA 2006)

<sup>141</sup> Referenzszenarien nehmen allerdings auch grundsätzlich an, dass keine neuen Fördermaßnahmen durch die Politik ergriffen werden.

<sup>142</sup> Nicht alle Veröffentlichungen des World Energy Outlook liefern Angaben für jedes dieser drei Jahre.

Abb. 4-8. Weltweite Stromproduktion aus Solar- und Meeresenergie in den Jahren 2010, 2020 und 2030 (in TWh) nach verschiedenen IEA-Referenzszenarien



Quelle: Eigene Darstellung nach Datenangaben in IEA 2008b und älteren Ausgaben des World Energy Outlook (IEA 1998 bis IEA 2006)

Abb. 4-7 zeigt, dass die globale Stromerzeugung aus Windenergie im Jahr 2020 im aktuellen Referenzszenario der IEA aus dem WEO 2008 um mehr als neun mal höher eingeschätzt wird als zehn Jahre zuvor im WEO 1998. Die innerhalb weniger Jahre zum Teil deutliche „Korrektur“ der Zahlen hin zu größeren Versorgungsanteilen spiegelt die Dynamik dieser Technologien in den vergangenen Jahren in einigen Ländern der Welt, nicht zuletzt in Deutschland, wider. Wie die oben untersuchten ambitionierten Klimaschutzszenarien verdeutlichen, muss diese Dynamik im Bereich der erneuerbaren Energien nicht nur aufrechterhalten, sondern weiter erhöht werden. Nicht nur im Strombereich, sondern auch im Wärme- und Transportbereich und nicht nur in einigen Ländern, sondern weltweit, müssen die erneuerbaren Energien weiter an Bedeutung im Energiesystem gewinnen, wenn ambitionierte Klimaschutzziele noch erreicht werden sollen.

### 4.3 Analyse und Rolle von REG in der internationalen Diskussion

Anhand ausgewählter internationaler Institutionen, Organisationen und Initiativen, die den Ausbau der Nutzung von REG maßgeblich positiv oder auch negativ beeinflussen, wird aufgezeigt, wie sich die Rolle erneuerbarer Energien im Zeitverlauf gewandelt hat und wie erneuerbare Energien auf internationaler Ebene derzeit wahrgenommen werden.

#### 4.3.1 Erneuerbare Energien in der internationalen Wahrnehmung

Um diese Frage zu beantworten, welche strategische Rolle die erneuerbaren Energien für die weltweite Energieversorgung und den Klimaschutz spielen, wird die Wahrnehmung

mung erneuerbarer Energien in internationalen Institutionen und Organisationen untersucht und vergleichend betrachtet. Dabei liegt der Fokus auf den folgenden Themen:

- Analyse der strategischen Rolle erneuerbarer Energien für den Klimaschutz und die Energieversorgung. Werden sie gezielt gefördert? Werden sie bewusst zur Verfolgung klima- und energiepolitischer Ziele eingesetzt? Gibt es Interessen, die ihrem Einsatz entgegenstehen? Mit welchen Argumenten setzt man sich für oder gegen die Nutzung erneuerbarer Energien ein?
- Analyse der zeitlichen Entwicklung der Bedeutung der erneuerbaren Energien auf internationaler Ebene. Bei den ausgewählten Institutionen wird auch untersucht, wie sich die wahrgenommene Rolle der erneuerbaren Energien im Zeitverlauf verändert hat.
- Auf der Grundlage der vergleichenden Betrachtung internationaler Institutionen und deren Wahrnehmung erneuerbarer Energien wird herausgearbeitet, welche Institutionen auf internationaler Ebene den Ausbau vorantreiben und welche ihn eher hemmen.

Ziel der Untersuchung ist es, mögliche Ansätze für politische Entscheidungsträger zur Verbesserung der Wahrnehmung erneuerbarer Energien zu identifizieren.

#### **4.3.2 Auswahl der internationalen Institutionen und Bewertungsraster**

Das Bewusstsein über die Vorteile und den Nutzen erneuerbarer Energien – nicht nur für den Klimaschutz, sondern unter anderem auch für eine nachhaltige Entwicklung und mehr Versorgungssicherheit – zu erhöhen, ist auf den unterschiedlichsten Ebenen gesellschaftlicher Organisation relevant. Die Untersuchung beschränkt sich auf die internationale Ebene und konzentriert sich auf Institutionen, Organisationen und Initiativen, die einen erheblichen Einfluss – positiver wie negativer Art – auf den Ausbau erneuerbarer Energien haben können.

Analytisch ist grundsätzlich zwischen IGOs (International Governmental Organisations, d.h. Regierungsorganisationen, in den die Mitglieder Staaten sind) und INGOs (International Non-governmental Organizations, d.h. Nichtregierungsorganisationen, in denen die Mitglieder nichtstaatliche Akteure sind) zu unterscheiden. Daneben existieren zahlreiche Formen internationaler Kooperation: zwischen zwei oder mehreren Staaten oder auch in Form zwischenstaatlicher Organisationen.

Die relevanten Länder, Institutionen und Organisationen werden eingeteilt in

##### **(a) Staaten- und Staatengruppen**

Zu den wichtigen Stakeholdern auf internationaler Ebene zählen nationale Regierungen. In dieser Kategorie wird die internationale Wahrnehmung erneuerbarer Energien der Europäischen Union untersucht.

##### **(b) Bilaterale und multilaterale Kooperationen**

In dieser Kategorie liegt der Schwerpunkt auf den internationalen zwischenstaatlichen Kooperationsforen *Asiatisch-Pazifische-Partnerschaft*, *Gruppe der Acht* sowie *REN21*.

### **(c) Zwischenstaatliche Organisationen**

Zwischenstaatliche Organisationen werden durch einen Vertrag gegründet, ihre Mitglieder sind durch die jeweiligen Regierungen vertreten. Im folgenden werden in dieser Kategorie die *Globale Umweltfazilität (GEF)* und die *Internationale Energieagentur (IEA)* analysiert. Aus der Kategorie UN-Sonderorganisationen wurde die Weltbankgruppe sowie die Asiatische Entwicklungsbank ausgewählt. UN-Nebenorgane (UN-Programme, UN-Regionalkommissionen) sind jeweils unter verschiedenen UN-Organen, etwa der Generalversammlung oder dem Wirtschafts- und Sozialrat angesiedelt. So ist zum Beispiel die Klimarahmenkonvention im Rahmen einer UN-Weltkonferenz vereinbart worden.

### **(d) Nichtregierungsorganisationen**

Nichtregierungsorganisationen (NGOs) können sowohl privatwirtschaftlich und zivilgesellschaftlich sein. Auch Netzwerke, Partnerschaften und Initiativen fallen unter diese Kategorie. Eine Initiative ist eine koordinierte Strategie zur Erreichung expliziter Ziele. Die Strategie wird freiwillig verfolgt, um bestimmte Bedürfnisse und Ziele unterschiedlicher Partner anzugehen. In dieser Kategorie wird die Wahrnehmung erneuerbarer Energien des *World Business Council on Sustainable Development (WBCSD)* untersucht.

Zusätzlich zu dieser Kategorisierung kommen zur präziseren Erfassung Kriterienbündel wie geografische, sektorale und funktionale Reichweite bzw. Organisationsgrad etc. Für den qualitativen Vergleich wurde ein Analyseraster entwickelt, das die Untersuchung der ausgewählten internationalen Institutionen strukturiert.

- Organisationsform, Größe (Anzahl der Mitglieder) und geographische Reichweite  
Ziele, Aufgaben, Handlungsfelder und Mandate der Organisation, der Institution oder des Netzwerkes sowie finanzielle Ausstattung
- Klima- und/oder energiepolitischer Hintergrund (oder auch: welches weitere Politikziel/ welche Interessen sollen erneuerbare Energien unterstützen bzw. welchen Interessen läuft ihr Einsatz entgegen?)
- Rolle erneuerbarer Energien zur Erreichung der in 3 dargestellten Politikziele und Interessen bzw. Angabe zu spezifischen Aktivitäten im Bereich der erneuerbaren Energien
- Bewertung: Ist die Wahrnehmung erneuerbarer Energien im Zeitverlauf positiv, negativ oder neutral?

Als Informationsgrundlage dienen öffentlich zugängliche Informationen wie Statuten, Tätigkeitsberichte, wissenschaftliche Sekundärliteratur und Internetauftritte

Förderlich ist die Wahrnehmung erneuerbarer Energien dann, wenn sie bestimmte Hemmnisse zu beseitigen hilft, eine negative Wahrnehmung unterstützt die Verfesti-

gung bestehender Hemmnisse oder trägt nicht zu ihrem Abbau bei. Folgende Handlungsfelder lassen sich beim Ausbau erneuerbarer Energien den Regierungen, Organisationen und Initiativen zuordnen: (a) Forschung und Entwicklung; (b) Finanzierung; (c) Kapazitätenaufbau, Aus- und Fortbildung, (Politik-)Beratung; (d) Öffentlichkeitsarbeit. Dabei kann eine Organisation durchaus mehrere Handlungsfelder abdecken.

Erneuerbare Energien können von Regierungen, Organisationen und Initiativen als wichtiges Element in der Energieversorgung und im Klimaschutz wahrgenommen werden. Dabei ist es wichtig herauszustellen, in Bezug auf welche Funktion sie positiv wahrgenommen oder auch vernachlässigt werden. In den unterschiedlichen Handlungsfeldern lässt sich eine veränderte Wahrnehmung erneuerbarer Energien folgendermaßen nachweisen:

- Höhe der Mittel für Forschung und Entwicklung (im Zeitverlauf ansteigen, gleichbleibend, sinkend),
- Höhe der finanziellen Mittel, Kreditvergabe, Investitionen (im Zeitverlauf ansteigend, gleichbleibend, sinkend),
- Förderung erneuerbarer Energien durch Politikinstrumente, Kapazitätenaufbau, Hemmnisbeseitigung (stark, schwach, keine); quantitativ äußert sich diese Kategorie in steigenden Marktanteilen,
- Öffentlichkeitsarbeit: Vorteile der erneuerbaren Energien werden propagiert (stark, wenig, nicht) und Rolle gegenüber fossilen Energieträgern und Kraftstoffen (vorrangig, gleichrangig, nachrangig).

In den folgenden Unterkapiteln wird das Analyseschema auf die ausgewählten Regierungen, Organisationen und Initiativen angewendet.

### **4.3.3 Länder- und Ländergruppen: Europäische Union**

Die Europäische Union (EU) ist ein aus 27 europäischen Staaten bestehender Staatenverbund. Die Bevölkerung in den Ländern der EU umfasst derzeit rund eine halbe Milliarde Einwohner. Gemeinsam erwirtschaften die Mitgliedstaaten im Europäischen Binnenmarkt das größte Bruttoinlandsprodukt der Welt (EU 2009a).

Nach mehreren Erweiterungsrounden steht der Staatenverbund derzeit vor internen Strukturproblemen. In der Gegenwart bestimmt die im Jahr 2000 verabschiedete Lissabon-Strategie für die Europäische Union das ökonomische und soziale Ziel, „bis 2010 zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum in der Welt zu werden“ (EU 2009a). Außerdem soll die EU „im Rahmen des globalen Ziels der nachhaltigen Entwicklung [als] ein Vorbild für den wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Fortschritt in der Welt“ wirken. Der Europäische Rat hat daher am 13. Dezember 2007 den Vertrag von Lissabon unterzeichnet. Seine Ratifizierung in den Mitgliedstaaten soll bis Mitte 2009 abgeschlossen sein; allerdings ist dieser Zeitplan durch die Ablehnung des Vertrags in einem Referendum in Irland im Juni 2008 in Frage gestellt.

Die EU spielt hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien im internationalen Kontext eine wichtige Rolle. Erneuerbare Energien sind im Hinblick auf zahlreiche Politikfelder relevant. Die Wahrnehmung der erneuerbaren Energien innerhalb der EU soll jedoch exemplarisch anhand der Entwicklungen in den Politikfeldern Klimaschutz und Energie herausgearbeitet werden. Dabei sind die Politikbereiche, die nachfolgend im Hinblick auf ihre Gestaltung durch die EU betrachtet werden, zugleich Felder einzelstaatlicher Einflussnahme und Durchführung.

Die Klimapolitik der EU ist nicht in ein schlüssiges Gesamtkonzept eingebettet (EU 2009b). Vielmehr wird sie im Kontext der oben erwähnten Lissabon-Strategie gemacht. Ihr Ziel ist es, die globale Wettbewerbsfähigkeit der EU zu erhöhen. Klimaschutz und Ausbau erneuerbarer Energien stoßen daher durch gegenläufige Politiken in anderen Feldern an ihre Grenzen. Unter den wichtigen internationalen Akteuren nimmt die EU in der Klimapolitik – bei schwankendem Engagement und Erfolg einzelner Mitgliedstaaten – eine Vorreiterrolle ein, wie sich vor allem bei der Durchsetzung des Kyoto-Protokolls gezeigt hat. Darin geht es um die Reduktion von Kohlenstoffdioxid-Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Erdgas entstehen. Diese Reduktionsziele sollen durch verschiedene Maßnahmen, vor allem durch den Emissionsrechtehandel, erreicht werden. Außerdem fördert die EU mit dem Programm ALTENER die Ersetzung fossiler Brennstoffe durch regenerative Energien.

Die Energiepolitik der Europäischen Union ist bislang noch schwach institutionalisiert (EU 2009c). Ein eigenständiges Energiekapitel existiert im Primärrecht bislang nicht. Vereinzelte energiepolitische Initiativen (z. B. zur Förderung der Energieeffizienz oder zur Entflechtung der Energieversorgungsunternehmen) erfolgen deshalb über den Umweg der Umwelt- (Art. 174ff EGV) oder der Wettbewerbspolitik (Art. 81ff EGV). Das gesamte Feld der Energieaußenpolitik ist als Teil der intergouvernementalen *Gemeinsamen Außen- und Sicherheitspolitik* vom Konsens aller Mitgliedstaaten abhängig. Seit der Vorlage eines energiepolitischen Grünbuchs durch die Europäische Kommission im März 2006 entwickelte sich jedoch eine breite Debatte, die dazu führte, dass der Europäische Rat auf dem Frühjahrsgipfel 2007 die nachhaltige, sichere und wettbewerbsfähige Energieversorgung als ein Ziel der EU benannte. In der Gestaltung ihres jeweiligen Energiemixes sollen Mitgliedstaaten jedoch souverän bleiben. Entsprechende Regelungen könnten die EU-Staaten nach Art. 175 EGV ohnehin nur einstimmig treffen.

Die Bedeutung erneuerbarer Energien in der EU ist im Zeitverlauf gestiegen. Die folgenden politischen Maßnahmen machen diese Entwicklung deutlich (EU 2009d):

1997: Weißbuch der Kommission „Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger – Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan“; es legt das Ziel fest, den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2010 auf 12% des gesamten Energieverbrauchs zu erhöhen.

2001: Die EU verabschiedet die Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt (Richtlinie für erneuerbare

Energien oder „RES-E“-Richtlinie). Die Richtlinie legt eine europaweite Zielvorgabe von 21% für den Anteil der erneuerbaren Energien an der Elektrizitätsproduktion bis 2010 fest.

2003: Die EU verabschiedet die Richtlinie zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor. Die Richtlinie legt „Bezugswerte“ von 2% Marktanteil für Biokraftstoffe im Jahr 2005 und 5,75% Marktanteil bis 2010 fest.

2007: Die Kommission stellt ihren Fahrplan für erneuerbare Energien als Teil des „Energie-Klimawandel-Pakets“ vor.

März 2007: Der EU-Gipfel fügt dem Fahrplan der Kommission folgende Punkte zu: Das verbindliche Ziel, 20% des Gesamtenergieverbrauchs der EU bis 2020 aus erneuerbaren Energien zu schöpfen. Als Teil des Gesamtziels wird ein verbindlicher Anteil für jeden Mitgliedstaat festgelegt: Mindestens 10% des Kraftstoffverbrauchs in jedem Mitgliedstaat sollen aus Biokraftstoffen geschöpft werden. Der verbindliche Charakter dieses Ziels hängt jedoch davon ab, ob die Erzeugung nachhaltig ist und ob Biokraftstoffe der zweiten Generation kommerziell zur Verfügung stehen.

Am 23. Januar 2008 legte die Kommission einen Vorschlag für eine neue Richtlinie über erneuerbare Energien vor, um die bisherigen Maßnahmen, die 2001 verabschiedet wurden, zu ersetzen (EU 2009d). Die EU-Regierungen und das Europäische Parlament erzielten am 9. Dezember 2008 ein allgemeines Abkommen über den Vorschlag, der anschließend am 17. Dezember 2008 vom Parlament im Plenum angenommen wurde. Dem Text zufolge soll jeder Mitgliedstaat den Anteil erneuerbarer Energie – wie Sonnen- oder Windenergie bzw. Wasserkraft – erhöhen, um dazu beizutragen, diesen Anteil in der EU von heute 8,5% bis 2020 auf 20% aufzustocken. Der Einsatz von Biokraftstoffen zu 10% des Gesamtkraftstoffverbrauchs im Verkehrswesen ist im Gesamtziel der EU ebenfalls mit eingeschlossen.

Damit diese Zielvorgaben erreicht werden können, wird jeder der 27 EU-Mitgliedstaaten dazu aufgefordert, seinen Anteil an erneuerbarer Energie im Vergleich zum Stand von 2005 um 5,5% zu erhöhen (EU 2009d). Dazu addiert sich eine Steigerung, die auf Grundlage des Bruttoinlandproduktes (BIP) pro Kopf errechnet wird. Den EU-Ländern bleibt es freigestellt, selbst zu entscheiden, zu welchen Teilen sie welche erneuerbaren Energien in ihren bevorzugten ‚Mix‘ einfließen lassen wollen, um die unterschiedlichen Potenziale nutzen zu können. Allerdings müssen sie der Kommission bis zum 30. Juni 2010 nationale Aktionspläne (NAPs) auf Grundlage von ‚Richtkursen‘ und danach alle zwei Jahre Fortschrittsberichte vorlegen. Die Pläne werden für drei Sektoren ausgearbeitet werden müssen: Strom, Heizung und Kühlung und Verkehrswesen. Mit dem Kompromissabkommen wurde letztendlich ein System abgelehnt, bei dem die Mitgliedstaaten Geldstrafen hätten zahlen müssen, wenn sie die Zwischenziele auf dem Weg zur Erreichung des Ziels für 2020 nicht erreicht hätten. Die Kommission behält sich vor, Vertragsverletzungsverfahren einzuleiten, sollten einzelne Staaten keine „angemessenen Maßnahmen“ zur Erreichung ihrer Ziele einleiten. Das heißt, es

wird vom Ermessen der Kommission abhängen, ob Rechtsschritte eingeleitet werden, und nicht von strengen Kriterien.

**Fazit.** Auf EU-Ebene gibt es damit derzeit zwei wesentliche Instrumente zur Förderung erneuerbarer Energien: die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Strommarkt sowie die Biokraftstoff-Richtlinie. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass erneuerbare Energien in der EU in zunehmendem Maße vor allem als Klimaschutz und Alternative zu Energieimporten wahrgenommen werden. Die Wahrnehmung kann daher als positiv bewertet werden.

#### **4.3.4 Bi- und multilaterale Kooperationen**

##### **4.3.4.1 Asiatisch-Pazifische Partnerschaft**

Die *Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate (APP)* wurde im Juli 2005 öffentlich vorgestellt (APP 2009). Sie ist eine formlose Übereinkunft ohne rechtliche Vorgaben zwischen den Unterzeichnerstaaten Australien, China, Japan, Südkorea, die USA und Indien. Für China, Indien, Südkorea und Japan ist das Kyoto-Protokoll rechtsverbindlich. Das APP wird als komplementär, nicht gegensätzlich zur UNFCCC und den G8-Klimaaktivitäten angesehen (Skodvin/ Andresen 2009). Es gibt sowohl inhaltliche Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten mit dem Kyoto-Protokoll. Das APP legt keine quantitativen Emissionsminderungsziele fest und zielt vorrangig auf Versorgungssicherheit und allgemein Technologietransfer („technology push-Ansatz“) ab. Neu ist die Verzahnung von Versorgungssicherheit und Klimaschutz, während Versorgungssicherheit im Kyoto-Protokoll nicht thematisiert ist. Das APP sieht keine konkreten Instrumente vor und setzt allein auf multi- und bilaterale Kooperation.

Das APP widmet sich in Form von Aktionsplänen folgenden acht Wirtschaftssektoren und Technologien (APP 2009):

- saubere fossile Energie,
- erneuerbare Energien und dezentrale Erzeugung,
- Stromerzeugung und –übertragung,
- Stahl,
- Aluminium,
- Zement,
- Kohleförderung sowie
- Gebäude.

Der innovative Ansatz besteht darin, dass man zu den sektorbasierten Aktionsplänen Arbeitsgruppen mit Vertretern aus Regierung und Industrie gebildet hat.

Erneuerbare Energien werden als wichtig für den künftigen Energiemix der Partnerländer angesehen (APP 2009). Der Zugang zu Energie, Energiesicherheit, Armutsbe-

kämpfung und Umweltschutz in Kombination mit steigenden Ölpreisen gelten als treibende Kräfte für den Ausbau erneuerbarer Energien. Dabei sieht die Arbeitsgruppe zu erneuerbaren Energien ihre Rolle vor allem in der Förderung des Abbaus von Hemmnissen für den Transfer von Technologien. Die Arbeitsgruppe will sich auf die wettbewerbsfähigsten Technologien konzentrieren. Sie gibt die APP ein Handbuch mit guten Praxiserfahrungen für netzgebundene erneuerbare Energien heraus oder auch ein Inventar an Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien sowie Analysen zu Anwendung und Kosten einzelner Technologien. Darüber hinaus fördert sie Demonstrationsprojekte in den Partnerländern.

In der Asiatisch-Pazifischen Partnerschaft werden erneuerbare Energien positiv wahrgenommen. Die multilaterale Zusammenarbeit im Rahmen der APP besteht vor allem aus Aktivitäten in den Bereichen Kapazitätsaufbau/ Aus- und Fortbildung/ Politikberatung. Die Rolle erneuerbarer Energien wird allerdings nicht höher bewertet als die fossiler Alternativen oder auch der Kernkraft.

#### **4.3.4.2 Gruppe der Acht (G8)**

Ein zentraler Grund für die Entstehung der – damals noch – Gruppe der Sechs („G6“) im Jahr 1975 war die Bewältigung der ersten weltweiten Ölkrise. Der mittlerweile auf acht Mitglieder angewachsenen Staatengruppe gehören neben Deutschland, den Vereinigten Staaten von Amerika, Japan, Großbritannien, Kanada, Frankreich und Italien (G7) auch Russland an (AA 2009). In den letzten Jahren ist die Energiediskussion in der G8 von zwei zentralen Entwicklungen beeinflusst worden: von der Wachstumsdynamik, die sich in Schwellenländern wie China und Indien entfaltet und den globalen Energiebedarf rapide ansteigen lässt, und von den enormen Gefahren des raschen Klimawandels, der zu einem großen Teil durch die Verbrennung fossiler Energien verursacht wird. Vor diesem Hintergrund machte die Staatengruppe auf dem G8-Gipfel unter britischer Präsidentschaft in Gleneagles klar, dass der steigende Energiebedarf nur unter Berücksichtigung klima- und entwicklungspolitischer Belange gedeckt werden könne.

Die Staats- und Regierungschefs verabschiedeten 2005 in Gleneagles einen 38 Punkte umfassenden „Aktionsplan“. Die gemeinsame Erklärung geht auf die miteinander zusammenhängenden Fragen von Klimawandel, sauberer Energie und nachhaltiger Entwicklung ein. Er enthält u.a. Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz und „sauberer“ Energietechnologien sowie die Unterstützung von Schwellenländern in diesem Bereich (Ochs 2007). Seit Gleneagles erhalten erneuerbare Energien zur Energieerzeugung besondere Aufmerksamkeit. Paragraph 16 des Aktionsplans hebt die in Bonn gestartete Initiative mit folgenden Worten hervor: „We will promote the continued development and commercialisation of renewable energy by: (a) promoting the International Action Programme of the Renewables 2004 conference in Bonn, starting with a Conference at the end of 2005, hosted by the Chinese government, and supporting the goals of the Renewable Energy Policy Network (REN21)...“

Bezüglich der Übertragungsnetze misst die G8 der Systemintegration erneuerbarer Energien große Bedeutung bei. So ist geplant, mit der IEA zusammen bei der Forschung zu diesem Thema zusammen zu arbeiten. Zur Unterstützung des Politikdialogs und auf Anfrage der G8 hin, hat die IEA im Jahr 2006 zwei Szenariensets herausgegeben, die auf unterschiedlichen Annahmen und Zeitreihen beruhen. Im Auftrag der G8 und unter dem Mandat des Entwicklungsausschusses hat die Weltbank einen Rahmen für beschleunigte weltweite Investitionen in saubere Energie mit dem Titel *Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework* (CEDIF) entwickelt

Zudem startete mit dem „Gleneagles-Dialogue“ ein informeller Dialogprozess, der zusätzlich zu den offiziellen Verhandlungen im Rahmen der UN-Klimarahmekonvention, den Klimaschutz fördern soll. Der Prozess bringt die 20 Länder mit der weltweit stärksten Energienachfrage und den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen zusammen, darunter die G8 und die größten Schwellenländer Brasilien, China, Indien, Mexico und Südafrika („+5-Länder“) sowie Indonesien, Iran, Australien, Spanien, Polen, Nigeria und Südkorea. Ziel ist es, konkrete Maßnahmen und politische Empfehlungen für den Zeitraum 2008 bis 2012 abzustimmen. Insofern soll der Gleneagles-Dialog als Ergänzung und Impulsgeber direkt auf die UN-Klimaverhandlungen einwirken (Setton et al. 2007).

Die G8 setzten bei Klimaschutz und nachhaltiger Energiepolitik nicht in erster Linie auf erneuerbare Energien (Ochs, 2005). Im Aktionsplan von Gleneagles rangiert die Förderung erneuerbarer Energien hinter zwei hoch umstrittenen Technologien: sauberen fossilen Energien und der Verklappung von CO<sub>2</sub>. Zudem konzentrieren sie sich allein auf das Klimaproblem, lassen aber die Endlichkeit fossiler Energien außer Acht. Im Aktionsplan von St. Petersburg wird angekündigt, dass bis 2030 mehrere Billionen Dollar in eine zukunftsfähige Energieversorgung investiert werden. Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz wird keine große Bedeutung beigemessen. In erster Linie bauen die politischen Entscheidungsträger auf die Erschließung neuer fossiler Rohstoffquellen sowie auf die Entwicklung sauberer und effizienter Verbrennungstechnologien.

Seit Ende 2006 hat der Dialog eine zunehmende Dynamik entwickelt, eine konkretere Arbeitsagenda wurde ausformuliert. Auch wenn bisher keine weitreichenden Entscheidungen getroffen worden sind, ist der Austausch von zentraler Bedeutung. Denn er ermöglicht den unterschiedlichen Akteuren, gemeinsam Problemwahrnehmungen zu diskutieren. Vom 15. bis 17. März 2007 fand in Potsdam das Umweltministertreffen der G8 statt. Neben den G8-Umweltministern waren erstmals auch die Umweltminister der Schwellenländer Brasilien, China, Indien, Mexiko und Südafrika vertreten (Ochs, 2007).

Die deutsche G8-Präsidentschaft sollte den Gleneagles-Dialog fortführen. Die Befassung der deutschen G8-Präsidentschaft mit dem Gleneagles Follow-up bietet die Möglichkeit für vertiefende/ergänzende Initiativen in den Bereichen Energie-/ Kraftwerkstechnologien, Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Praxisorientierte Absprachen könnten ebenfalls getroffen werden, z.B. die Überarbeitung der energiepolitischen Agenden der multilateralen Entwicklungsbanken wie der Weltbank oder der re-

gionalen Entwicklungsbanken. Zu erneuerbaren Energien kann dabei auf den von der Bundesregierung mit der Internationalen Konferenz für Erneuerbare Energien im Juni 2004 angestoßenen Prozess zum internationalen Ausbau erneuerbarer Energien angeknüpft werden. Ein formaler Abschlussbericht über den Gleneagles-Aktionsplan und seine Umsetzung ist unter japanischen G8-Vorsitz 2008 vorgesehen. Außerdem führte Japan im Herbst 2007 eine Gleneagles-Dialogkonferenz durch.

Die erneuerbaren Energien spielen in der Wahrnehmung der G8 eine bedeutende Rolle. Jedoch keine wichtigere Rolle als fossile Versorgungsformen oder die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub>. Wie oben dargelegt, verfügt die G8 über Einflussmöglichkeiten auf andere Organisationen. Eine stärkere Wahrnehmung erneuerbarer Energien durch die G8 könnte sich auch auf die IEA und die Weltbank auswirken.

#### **4.3.4.3 REN21**

REN21 ist ein globales Politiknetzwerk und versteht sich als Forum für internationale Führerschaft im Bereich der erneuerbaren Energien (REN21 2009b). Das Netzwerk wurde 2005 durch einen Impuls auf der Internationalen Konferenz zu Erneuerbaren Energien in Bonn etabliert. Es operiert von Paris aus und wird getragen durch die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) in Zusammenarbeit mit der Internationalen Energieagentur. Im Steuerungsorgan dieses Multistakeholderprozesses sind Regierungen, zwischenstaatliche Organisationen, Nichtregierungsorganisationen, Industrie und Forschung vertreten.

Vorrangiges Ziel ist es, relevante politische Prozesse und Entscheidungen auf internationaler, nationaler und subnationaler Ebene zu unterstützen, um die schnelle Verbreitung erneuerbarer Energien in Entwicklungs- und Industrieländern zu ermöglichen (REN21 2009b). Im Rahmen von REN21 sollen Ideen und Informationen ausgetauscht sowie Kooperationen und Aktivitäten zum weltweiten Ausbau der erneuerbaren Energien angeregt werden. Neben der Gründung des Politiknetzwerkes ist das Bonner Aktionsprogramm (*International Action Programme – IAP*) ein weiteres wichtiges Konferenzergebnis. REN21 verwaltet 197 freiwillige Selbstverpflichtungen, auf die sich im Juli 2004 Teilnehmer der Bonner Konferenz "renewables 2004" im Rahmen des Internationalen Aktionsprogramms einigten. In gleicher Weise brachte im März 2008 auch die in Washington stattgefundene Konferenz *Washington International Renewable Energy Conference (WIREC 2008)* ein Aktionsprogramm mit 145 Selbstverpflichtungen hervor.

Auch die Bundesregierung arbeitet intensiv an der Umsetzung der deutschen Beiträge zum Bonner Aktionsprogramm (BMU 2007). Wichtige Beiträge wie z.B. eine neue Finanzierungsfazilität für Energieeffizienz und erneuerbare Energien sind bereits umgesetzt worden. Bis Ende 2006 konnten auf Regierungsebene über 300 Millionen Euro zur Verfügung gestellt werden, darunter Vorhaben in neun Ländern.

Ein wichtiges Ergebnis des REN21-Netzwerkes ist die jährliche Veröffentlichung eines Globalen Statusberichts zu erneuerbaren Energien (REN21 2009a). Der Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die etablierten Förderpolitiken, die Märkte sowie die Investitionen und die damit verbundenen Arbeitsplätze. Das REN21-Netzwerk verfolgt darüber hinaus die Umsetzung des IAP. Es unterstützt wichtige Veranstaltungen wie die Brüsseler *renewables Conference* 2007, die Europäische Nachbarschaftskonferenz vom 19. April 2007 oder den Gleneagles-Dialog im Rahmen der G8. REN21 unterstützt zudem die Umsetzung der Bonner Beschlüsse bei den Vereinten Nationen, insbesondere bei der 14. und 15. Sitzung der UN-Kommission für nachhaltige Entwicklung.

Vom 7. bis 8. November 2005 führte die chinesische Regierung die erste Nachfolgekonferenz *Beijing International Renewable Energy Conference* (BIREC 2005) mit Unterstützung der Bundesregierung durch (REN 21 2009c). Die Konferenz war mit 1.300 Teilnehmern aus 100 Ländern, darunter 30 Regierungsvertreter auf Ministeriebene, sehr erfolgreich, denn sie machte deutlich, dass erneuerbare Energien nicht exklusiv in Industrieländern Anwendung finden. Für März 2008 hat die amerikanische Regierung eine Nachfolgekonferenz, die *Washington Renewable Energy Conference* (WIREC) durchgeführt (REN21 2009d). Damit hat sich die Bonner *renewables* Konferenz als Prozess etabliert.

In dem Politiknetzwerk REN21 werden erneuerbare Energien als sehr bedeutend für die Energie-, Umwelt- und Entwicklungspolitik wahrgenommen. Ihre Vorteile – auch gegenüber fossilen Alternativen – werden in zahlreichen Publikationen hervorgehoben. REN21 trägt damit verstärkt zu einer besseren Wahrnehmung erneuerbarer Energien auf internationaler Ebene.

#### **4.3.5 Zwischenstaatliche Organisationen**

##### **4.3.5.1 International Energy Agency (IEA)**

Die IEA wurde im Kontext der Vereinbarung über ein Internationales Energieprogramm von 1974 errichtet, das in erster Linie auf die Sicherung der Energieversorgung abzielt (Verpflichtungen zur Erdölbevorratung u.ä.) (IEA 2009a). Ihr Aufbau und ihre Entscheidungsstruktur (z.B. Gewichtung von Stimmrechten nach Ölverbrauch) spiegeln dies wider, auch wenn das Mandat der IEA mittlerweile auf die „*drei E*“ (*energy security, economic development* und *environment*) ausgeweitet wurde: Damit zählen neben Energiesicherheit und wirtschaftlicher Entwicklung auch der Umweltschutz zu ihren Zielen ([www.iea.org](http://www.iea.org)). Die IEA steht nur OECD-Ländern offen, die außerdem zugleich der genannten Vereinbarung von 1974 beitreten müssen. Sie hat derzeit 28 Mitglieder.

Technologieentwicklung und -vermarktung wird generell durch die über 42 internationalen Programme der IEA zur R&D-Zusammenarbeit (Implementing Agreements) gefördert (IEA 2009b). Diese stehen OECD-Mitgliedern und Nicht-Mitgliedern sowie internationalen Organisationen, Forschungsinstituten und Unternehmen zur Teilnahme offen. Zehn Technologieabkommen existieren im Bereich Erneuerbare Energien, vor-

wiegend zu bestimmten Technologien (IEA 2009c). Als Beitrag zum Internationalen Aktionsprogramm (IAP) der Bonner *renewables conference* wurde auf Initiative des BMU das *Implementing Agreement Renewable Technology Deployment* (RETD) gegründet. Es handelt sich dabei um ein technologieübergreifendes Abkommen, das im Rahmen der IEA die Markteinführung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien durch international koordinierte Aktivitäten beschleunigen soll. Nach dem offiziellen Inkrafttreten des Abkommens im September 2005 nimmt das RETD weiter Gestalt an. Mittlerweile sind über zehn Staaten daran beteiligt, neun als offizielle Mitglieder (neben Deutschland sind dies Frankreich, Italien, Großbritannien, Dänemark, Niederlande, Kanada, Irland und Norwegen). Das RETD publiziert aktuelle Informationen zu erneuerbaren Energien und führt Expertentagungen durch, zuletzt im März 2007 in Paris.

Zu diesem Zweck wurde als Beitrag zum Internationalen Aktionsprogramm (IAP) der Bonner *renewables conference* auf Initiative des BMU das *Implementing Agreement Renewable Technology Deployment* (RETD) gegründet (IEA 2009c). Dies ist ein technologieübergreifendes Abkommen, das im Rahmen der IEA die Markteinführung von Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien durch international koordinierte Aktivitäten beschleunigen soll. Nach dem offiziellen Inkrafttreten des Abkommens im September 2005 nimmt das RETD weiter Gestalt an. Mittlerweile sind über zehn Staaten daran beteiligt, neun als offizielle Mitglieder (neben Deutschland sind dies Frankreich, Italien, Großbritannien, Dänemark, Niederlande, Kanada, Irland und Norwegen). Das RETD publiziert aktuelle Informationen zu erneuerbaren Energien und führt Expertentagungen durch, zuletzt im März 2007 in Paris.

Zur Rolle der erneuerbaren Energien in den Szenarien der *IEA im World Energy Outlook 2006* stellt Kocsis fest (Kocsis 2006), dass der Unterschied zwischen Alternativ- und Referenzszenario vorwiegend in der Energieeffizienz liegt. Laut Kocsis werden gegenüber dem Referenz-Szenario im Alternativ-Szenario etwa 1700 Mtoe, d.h. etwa 11 % des prognostizierten Energiebedarfs im Jahre 2030 eingespart. Demgegenüber werden durch erneuerbare Energien lediglich etwa 150 Mtoe mehr erzeugt als im Referenzszenario. Insgesamt hat sich die Rolle im World Energy Outlook zwischen 1994 und 2006 deutlich verändert. Während diesen 1994 zwar ein genügend technisches Potenzial attestiert wurde, wurde ihnen ein Beitrag zur Energieversorgung im Rahmen der restlichen bzw. vernachlässigbaren Energieträger „others“ zugewiesen. Demgegenüber hat vor allem in den letzten fünf Jahren ein Wandel stattgefunden. Der heutige Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergiebedarf wird mit 14 % angegeben. Darüber hinaus wird im World Energy Outlook 2006 politischen Entscheidungsträgern empfohlen, die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung eines alternativen REG-Pfades zu realisieren. Dieser Pfad soll gegenüber dem BAU-Szenario deutlich höhere REG-Anteile haben.

Noch 2005 konstatierten Pfahl und Tänzler, dass eine Ausrichtung der IEA auf die globale RE-Förderung mit ihrer Mitgliederstruktur ebenso wenig kompatibel scheint wie mit ihrer historisch gegebenen inhaltlichen Ausrichtung (Pfahl/ Tänzler 2005). Aller-

dings könne die IEA bei der Wissensgenerierung einen wichtigen Beitrag zum Ausbau erneuerbarer Energien leisten. Erstmals hat die IEA in ihrem Bericht „*Deploying Renewables: Principles for Effective Policies*“ eine Analyse der internationalen Politiken zur Förderung erneuerbarer Energien vorgelegt (IEA 2008). Untersucht wurden 35 Länder, darunter alle OECD-Staaten sowie Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika. Erst seit einigen Jahren baut die IEA ihre Expertise im Bereich erneuerbare Energien auf. Die Publikation zu wirksamen Politiken zur Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien markiert daher einen Durchbruch im Denken der IEA.

Erst in den letzten fünf Jahren ist ein Wandel in der Wahrnehmung erneuerbarer Energien bei der IEA festzustellen. Dabei wird nicht nur ihr möglicher Beitrag zur Energieversorgung zunehmend erkannt, sondern mittlerweile auch die Rolle geeigneter Rahmenbedingungen für die Förderung von REG.

#### **4.3.5.2 Globale Umweltfazilität**

Die Globale Umweltfazilität (Global Environment Facility/ GEF) ist der weltweit größte Fonds zur Finanzierung von erneuerbaren Energien und Energieeffizienzmaßnahmen in Entwicklungs- und Transformationsländern. Die GEF ist ein Finanzmechanismus der Klimarahmenkonvention.

Welche Rolle erneuerbare Energien bei der GEF spielen, wird auf der Policy-Ebene – anhand der operationalen Kriterien und der strategischen Ausrichtung im Förderbereich Klimaschutz – und auf Programmebene dargestellt werden. Es wird weiterhin untersucht, inwiefern die Verbindung mit CDM/JI als Finanzierungsinstrument zu Synergien führen kann. Darüber hinaus wird geprüft, welche Rolle erneuerbare Energien beim *Special Climate Change Fund* (SCCF) und beim *Least Developed Countries Fund* (LDCF) spielen.

Etwa 40 % der Gelder der GEF fließen in den Förderbereich Klimawandel. Das Portfolio dieses Bereichs hat sich im Laufe der Zeit verändert: Die GEF setzte vor allem in ihrer Pilotphase von 1991-1994 Projekte zur Demonstration von Technologien um (GEF 2009a). Später wurde die Bedeutung von Investitionshemmnissen und ihrer Beseitigung für den Ausbau erneuerbarer Energien und vermehrter Energieeffizienzmaßnahmen in Entwicklungsländern erkannt. Nunmehr finden bei der GEF Konzepte der Marktintegration und der Beseitigung wirtschaftlicher Hemmnisse Anwendung. Damit hat sich die GEF zur zentralen multilateralen Organisation für Kompetenzentwicklung im Bereich der internationalen Klimapolitik entwickelt – insofern sie einen Großteil der dafür zur Verfügung gestellten Mittel verwaltet. Die Projektaktivitäten werden nicht von der GEF selbst, sondern von den Durchführungsorganisationen UNEP, UNDP und Weltbank umgesetzt. Die GEF beeinflusst die Kompetenzentwicklungsmaßnahmen jedoch durch ihre Finanzierungsprogramme, die klare Kriterien für die Durchführung, die Schwerpunkte und Zielsetzungen der Kompetenzentwicklung vorgeben.

Der größte Anteil der GEF-Ressourcen im Bereich Klimaschutz dient der Finanzierung langfristiger THG-Reduktionsprojekte (mitigation). Diese werden in vier operationalen Programmen (OPs) zusammengefasst:

- Beseitigung von Hemmnissen in den Bereichen Energieeinsparung und Energieeffizienz (OP5)
- Förderung erneuerbarer Energien durch Beseitigung von Hemmnissen und Kostensenkungen (OP6)
- Langfristige Kostensenkung von Energietechnologien mit niedrigen Treibhausgasemissionen (OP7)
- Förderung eines ökologisch nachhaltigen Transports (OP11)

Ein weiteres operationales Programm „Integriertes Ökosystemmanagement“ (OP12) verfolgt auch Klimaschutzziele, in diesem Fall die Sequestrierung von Kohlenstoffen. Zusätzlich werden im Förderbereich Klimaschutz Gelder für kurzfristige THG-Minderungsprojekte sowie für sogenannten „enabling activities“ bereit gestellt, die Entwicklungsländer vor allem bei der Erfüllung ihrer Berichtspflichten gegenüber der UNFCCC unterstützen.

Bis September 2007 hat die GEF mehr als 3,3 Mrd. US-\$ für Klimaschutzmaßnahmen aufgebracht. Die Verteilung dieser Summe auf die Aktivitäten der GEF und deren Kofinanzierung durch andere Geldgeber für die einzelnen Wiederauffüllungsperioden ist in Tab. 4-1 angegeben.

Tab. 4-1. Verteilung der GEF-Ressourcen auf die Klimaschutzaktivitäten für die Periode 1991 – 2007 (in Millionen US-\$)

GEF-Aktivität	Pilotphase 1991-1994	GEF-1 1995- 1998	GEF-2 1999- 2002	GEF-3 2003-2006	GEF-4 2006-2010	Gesamt 1991-2010
OP5: Energieeffizienz	70,6	128,6	200,1	286,7	33,8	719,8
OP6: Erneuerbare Energien	108,8	191,3	251,8	299,2	10,0	861,1
OP7: emissionsarme Technologien	10,1	98,4	98,6	111,1	-	318,2
OP11: Nachhaltiger Transport	-	-	46,4	82,2	32,0	
Enabling Activities	20,2	46,5	45,3	73,9	-	185,9

Kurzfristige THG-Minderungen	70,8	42,2	25,1	3,7	-	141,8
Anpassung				25,0	-	25,0
Gesamt						
Kofinanzierung	2402,9	2322,1	3403,4	4609,7	1651,8	14389,9

Quelle: FCCC 2007, S. 167

Innerhalb des Klimaschutzportfolios der GEF wird der Förderung erneuerbarer Energien ein hoher Stellenwert beigemessen. Die GEF hat in der Vergangenheit mehr Gelder in erneuerbare Energien investiert als in Energieeffizienzmaßnahmen. Das hat vor allem zwei Gründe: Erneuerbare Energien haben höhere inkrementelle Kosten als viele Energieeffizienzmaßnahmen. Außerdem folgen Investitionen in erneuerbare Energien bei der Projektimplementierung anderen Kapitalinvestitionen (Hennicke et al. 2007). Kernenergie wird durch die GEF finanziell nicht gefördert. Gegenüber neuen Technologien wie bspw. CCS nimmt die GEF jedoch eine Beobachterfunktion ein (GEF 2007). Die Finanzierung von CCS-Demonstrationsanlagen in Entwicklungsländern als Teil der GEF-Strategie wird derzeit nicht diskutiert.

Der Ausbau erneuerbarer Energien hat bei der GEF immer eine gleichbleibend wichtige Rolle als Maßnahme zur Reduktion von Treibhausgasen gespielt. Verbessert hat sich im Zeitverlauf allerdings die programmatische Ausrichtung der GEF hin zu einer effektiveren Technologie- und vor allem Marktentwicklung erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern. Diese Einschätzung wird jedoch durch die Tatsache eingeschränkt, dass die GEF ihrer Rolle als bedeutender Akteur zur Finanzierung erneuerbarer Energien nur insofern gerecht werden kann, wie es ihre finanzielle Ausstattung zulässt. Die Unterfinanzierung der GEF schränkt ihre Möglichkeiten ein und erlaubt allenfalls strategische Impulse für den Ausbau erneuerbarer Energien. Eine programmatische Weiterentwicklung der GEF, die sich bspw. darin äußert, dass erneuerbare Energien stärker in nationale Planungsaktivitäten einbezogen werden, würde den Möglichkeiten der GEF eher gerecht werden.

#### 4.3.5.3 Weltbank

Die Internationale Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (*International Bank for Reconstruction and Development* – IBRD) ist ein Teil der Weltbankgruppe. Als offizielle multilaterale Institution, deren Kapitalanteile von Mitgliedstaaten in Relation zu ihrer wirtschaftlichen Stärke gehalten werden, ist die IBRD in der Lage, Geld auf dem Kapitalmarkt zu sehr günstigen Bedingungen aufzunehmen und diese an ihre kreditnehmenden Mitglieder weiterzuleiten. Hauptaufgabe der IBRD ist die Förderung der wirtschaftlichen Entwicklung in Entwicklungs- und Transformationsländern (Weltbank 2009).

Die Weltbank, ebenso wie die regionalen Entwicklungsbanken, ist ein bedeutender Akteur bei der Förderung erneuerbarer Energien in Entwicklungsländern. Die Weltbank finanziert nicht nur Projekte der technischen Zusammenarbeit, sondern unterstützt auch Energiesektorreformen. Im Einzelnen sind sowohl die Policy-Ebene, als auch die Programmebene relevant. Schließlich soll die Rolle erneuerbarer Energien in Verbindung mit CDM/JI als Finanzierungsinstrument herausgestellt werden (World Bank Carbon Finance).

Die Weltbank berät Empfängerländer politisch und finanziert sektorale wie strukturelle Reformen auf nationaler Ebene sowie spezifische Projektinvestitionen unter anderem in den Bereichen Landwirtschaft, Transport, Energie und Infrastruktur. Neben der konkreten Beratung und Finanzierung sieht sich die Weltbank als „Wissensbank“ und setzt sich in dieser Funktion mit globalen Problemen und ihren Auswirkungen auseinander. Dazu gehört der Klimawandel und seine Bedeutung gerade für arme Länder. Das Bewusstsein für solche Probleme und die Struktur der Weltbank mit Erfahrung und Vertretungen in den meisten Ländern der Welt, scheinen sie zu einer geeigneten Kandidatin zu machen, um dem Klimawandel entgegen zu wirken und den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern. Deshalb implementiert die Weltbank gemeinsam mit UNEP und UNDP Projekte mit Kofinanzierung durch die globale Umweltfazilität. Eine wichtige Rolle bei der Förderung erneuerbarer Energien und im Kampf gegen den Klimawandel wurde der Weltbank auch bei der Bonner Konferenz Renewables 2004 zugesprochen und auf dem G8-Gipfel des folgenden Jahres erneut bestätigt.

Die Kritik am Weltbankengagement im Öl-, Gas- und Bergbausektor wurde besonders geäußert, nachdem die Weltbank im Jahr 2000 positiv über ihre Beteiligung am Bau der Tschad-Kamerun Öl-Pipeline entschieden hatte. Als Reaktion auf die Kritik setzte sich eine unabhängige Kommission, die sich mit dem Engagement der Weltbankgruppe im Rohstoffsektor auseinander setzte. Die Rohstoffkommission (*Extractive Industries Review* – EIR) machte in ihrem Abschlussbericht „Striking a better Balance“ im Januar 2004 weitreichende Reformvorschläge (Weltbank 2004). So sollten im Energiebereich vermehrt Gelder für erneuerbare Energien und Energieeffizienz ausgegeben werden, pro Jahr 20 % mehr. Eine Steigerung der Förderung von erneuerbaren Energien wurde zwar beschlossen, aber nur in minimalem Rahmen.

Auf dem G8-Gipfel in Gleneagles (2005) erhielt die Weltbank den Auftrag, einen internationalen Investitionsrahmen für saubere Energie und Entwicklung (*Clean Energy and Development, Towards an Investment Framework* – CEIF) zu entwickeln (Setton 2007). Auf der IWF-Weltbank-Frühjahrstagung im April 2007 verabschiedete der Entwicklungsausschuss der beiden Organisationen einen Aktionsplan zum CEIF. Zwar werden in diesem Aktionsplan auch erneuerbare Energien und Energieeffizienz als Bausteine für den Übergang in eine kohlenstoffärmere Wirtschaft benannt. Doch während die Weltbankgruppe ihre Finanzierung für fossile Energien von 2005 auf 2006 um 93 % gesteigert hat, stagnierte die Förderung erneuerbarer Energien mit 153 Mio. US-\$ (2006) bei nur 4 % ihrer Energieinvestitionen. Die Ausgaben für Großstaudämme betragen 186 Mio. US-\$. Auch wird im CEIF der weltweite Handel mit Kohlendioxid

(*carbon trade*) als eines der zentralen Finanzierungsinstrumente für den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Ökonomie propagiert. Der Handel mit Kohlenstoffzertifikaten ist jedoch weder ein geeignetes Instrument zur Förderung erneuerbarer Energien noch bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen besonders erfolgreich gewesen.

Die Wahrnehmung erneuerbarer Energien in der Weltbank lässt sich an den Kreditvolumina ablesen, die im Zeitverlauf für unterschiedliche Projekttypen vergeben wurden. Die folgende Tab. 4-2 zeigt die Kreditvergabe in den Bereichen erneuerbare Energien im Vergleich zu anderen Projekttypen zwischen 2003 und 2008.

Tab. 4-2. Kreditvergabe der Weltbank im Energiebereich nach Sektoren (Bilanzjahre 2003 – 2008), in Millionen USD

Projekttyp	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Energieeffizienz	177	92	217	425	262	1192
Großwasserkraft	23	83	538	250	751	1007
Neue erneuerbare Energien	206	138	246	344	421	473
Upstream Öl, Gas und Kohle	333	496	578	1074	627	981
Anderes (z.B. Politikberatung)	954	386	278	248	374	903
Thermische Stromerzeugung	461	255	100	511	360	957
Übertragung und Verteilung	216	248	906	1801	809	2031
Gesamt	2370	1699	2864	4653	3603	7545

Quelle: Weltbank (2009c)

Die Zahlen machen deutlich, dass für erneuerbare Energien etwa die Hälfte der Finanzierung zur Verfügung steht, die in die Projekttypen Öl, Gas und Kohle fließt. Die Rolle erneuerbare Energien im Energieportfolio ist daher als nachrangig gegenüber fossilen Alternativen zu bewerten. Eine grundlegende Umstellung ihres Portfolios weg von fossilen hin zu erneuerbaren Energien hat es bis dato nicht gegeben. Die Weltbank sollte ihre auch von der Bundesregierung vorangetriebene Neuausrichtung auf Energieeffizienz und Erneuerbare Energien weiter verfolgen. Entwicklungsministerin Heidmarie Wiecek-Zeul setzte sich bei der Jahrestagung der Weltbank im Jahr 2009 für ein stärkeres Engagement der Institution beim Klimaschutz ein (BMZ 2009). Die Weltbank müsse jährlich Neuzusagen von rund einer Milliarde US-Dollar (rund 700 Millionen Euro) im Bereich der erneuerbaren Energien anstreben. Deutschland sollte insbesondere im Aufsichtsrat der Weltbank, aber auch in anderen Foren, für die schnelle Umsetzung dieser Forderungen eintreten. Darüber hinaus sollte die Bundesregierung darauf drän-

gen, dass die Förderung regenerativer Energien in den *Country Assistance Strategies* (CAS) verankert wird. Auch bei den *Poverty Reduction Strategy Papers* (PRSP) gehört Energiearmut bisher nicht zu den Verhandlungsgegenständen. Umweltbelange werden allerdings generell nicht hinreichend beachtet. Da die Weltbank einen großen Einfluss auf die Ausarbeitung der PRSPs hat, sollte der 2003 begonnene Diskussionsprozess zur stärkeren Berücksichtigung von erneuerbaren Energien in den PRSP und den CAS beschleunigt werden.

Erneuerbare Energien stehen in der Wahrnehmung der Weltbank deutlich hinter ihren fossilen Alternativen. Noch immer erfolgen wesentlich höhere Investitionen in eine fossile Energieinfrastruktur. Die Bedeutung der Großwasserkraft bei der Kreditvergabe zeigt das nicht nachhaltige Verständnis von regenerativer Stromerzeugung bei der Weltbank.

#### 4.3.5.4 Asiatische Entwicklungsbank

In Analogie zur Weltbank werden auf Policy- und Programmebene sowie in Verbindung mit dem CDM die Rolle der erneuerbaren Energien in der Förderpolitik der Asiatischen Entwicklungsbank (*Asian Development Bank/ ADB*) dargestellt.

Die Asiatische Entwicklungsbank ist eine multilaterale Förderbank mit Sitz in Manila (Philippinen) (ADB 2009a). Die größten Anteilseigner sind die USA und Japan mit jeweils 12,8 %; Deutschland besitzt ca. 5 % der Asian Development Bank. Die Tätigkeit der ADB ist primär auf Armutsbekämpfung in Asien und der Pazifikregion durch wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit ausgerichtet. In ihrem strategischen Rahmenplan (2001 bis 2015) legt die Bank den Schwerpunkt ihrer Tätigkeit auf die Privatsektorentwicklung, regionale Kooperation und nachhaltige Umweltpolitik. Zur Verwirklichung ihrer Ziele vergibt die Bank Darlehen und tätigt Kapitalbeteiligungen. Obwohl auch Kreditvergaben an den privaten Sektor möglich sind, gehen die meisten Darlehen an den öffentlichen Bereich.

Bisher investiert die Bank nur wenige Prozent ihrer Energieportfolios in erneuerbare Energien. Der durch die ADB finanzierte REG-Ausbau in Asien wird weitgehend durch mehrere Initiativen des Clean Energy and Environment Programme (CE&EP) getragen, darunter die Initiative Renewable Energy, Energy Efficiency, and Climate Change (REACH) (ADB 2009b). Gleichzeitig hält die ADB weiterhin an der Förderung von Kohle fest (ADB 2007). Dies belegt auch das Portfolio der ADB im Bereich Energie (siehe Tab. 4-3).

Tab. 4-3. Kreditvergabe der Asiatischen Entwicklungsbank im Energiesektor nach Kategorien zwischen 1997 und 2005 (in Millionen USD)

	1997	1999	2001	2003	2005	Gesamt 1997- 2005

Strom	471	217	499	404	410	3505
Erneuerbare Energien	-	-	6	-	37	406
Effizienz	40	-	-	-	-	40
Öl und Gas	150	-	-		230	639
Allgemein Energie	163	482	158	250	-	2003
Gesamt	824	699	663	654	677	6593

Quelle: Tirpak/ Adams (2008), S. 145.

Ähnlich wie die Weltbank, ist auch bei der Asiatischen Entwicklungsbank die Wahrnehmung erneuerbarer Energien gering. Mehr als das Sechsfache der Darlehen, die für erneuerbare Energien zur Verfügung stehen fließen in fossile Alternativen. Die deutsche Gouverneurin der ADB, Karin Kortmann (Staatssekretärin im BMZ) forderte bei der Jahresversammlung im Mai 2007, dass die Förderung fossiler Brennstoffe eingestellt wird, angefangen mit jeglicher Förderung der Kohleenergie. Weiterhin sollen 100 % ihres Energieportfolios in den Ausbau erneuerbarer Energien und Energieeffizienz investiert werden (Mittler 2007). Die 2006 zugesagte eine Milliarde US-\$ pro Jahr für „saubere Energien“ solle darüber hinaus nur in wirkliche Lösungen für den Klimawandel investiert und jährlich um 10 % aufgestockt werden. Jegliche direkte oder indirekte Förderung von Kohle sollte explizit aus diesem „Saubere Energien Fonds“ ausgeschlossen werden.

Die Wahrnehmung erneuerbarer Energien lässt sich bei der Asiatischen Entwicklungsbank an der Größenordnung der Kreditvergabe ablesen: Sowohl im Vergleich zu fossilen Alternativen als auch absolut betrachtet spielt sie eine sehr geringere Rolle.

#### 4.3.5.5 Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll

Die Klimarahmenkonvention (*United Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) ist ein völkerrechtlicher Vertrag mit einem ständigen Sekretariat. Der Bezug zur Förderung erneuerbarer Energien ergibt sich aus der Zielsetzung der Konvention, den Ausstoß klimaschädlicher Emissionen, der in hohem Maße durch die Verbrennung fossiler Energieträger entsteht, zu verringern. Dies ermöglicht auf internationaler Ebene der *Clean Development Mechanism* (CDM). Er zählt zu den flexiblen Instrumenten des Kyoto-Protokolls. Sie sollen gewährleisten, dass Industrieländer ihre CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionsziele so kostengünstig wie möglich erreichen. Durch den CDM ist es Industrienationen möglich, ihre Emissionsreduktionen in Entwicklungs- und Schwellenländern durchzuführen. Darüber hinaus sollen CDM-Projekte einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Gastlandes leisten (Kyoto-Protokoll, Art. 12).

Ein Blick auf die bislang durchgeführten CDM-Projekte zeigt, dass nur wenige Länder – hauptsächlich Schwellenländer – vom CDM profitieren. Die afrikanischen Staaten südlich der Sahara sind selten gewählte Gastländer. Darüber hinaus werden tatsächlich nachhaltige Projekte durch den CDM nur unterdurchschnittlich gefördert: Ein Großteil der zusätzlichen Erträge, die durch den CDM erwirtschaftet werden, fließt in nicht nachhaltige H-FKW (teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe) und N<sub>2</sub>O (Distickstoffoxid)-Abspaltungsprojekte zur Methanrückgewinnung (UNFCCC 2007). Die zusätzliche Finanzierung durch den CDM ist im vorhinein schwer zu kalkulieren, die Preise für Reduktionszertifikate sind volatil. Zudem bestehen Risiken hinsichtlich der Fragen, ob das Projekt vom CDM-Aufsichtsrat akzeptiert wird und ob letztendlich die errechnete Menge an CO<sub>2</sub>-Reduktionen bzw. an Emissionsreduktionszertifikaten erreicht. Aufgrund dieser Risiken, zögern Banken, den Erlösstrom durch den CDM bei der Kreditvergabe an Entwickler von CDM-Projekten zu berücksichtigen (EcoSecurities/UNEP Risoe 2007).

Für viele Projekttypen ist der gegenwärtige Preis für Kohlenstoffzertifikate zu niedrig. Die Rentabilität wird daher nur unwesentlich erhöht und beeinflusst damit letztendlich auch keine Investitionsentscheidungen. Vor allem bei CO<sub>2</sub>-Vermeidungsprojekten wie erneuerbaren Energien erhöht der CDM den internen Zinsfuß nur um wenige Prozentpunkte (Willis/ Wilder/ Curnow 2006). Die Gründe für diese Entwicklung des CDM-Marktes liegen vor allem in den hohen CDM-spezifischen Fixkosten für Erneuerbare-Energien-Projekte. Sie generieren wesentlich weniger Reduktionszertifikate als Projekte, die in die Reduktion klimawirksamerer Gase wie Methan investieren. Zudem ist die Finanzierungsstruktur der Investitionen in erneuerbaren Energien mit höheren Risiken behaftet. Auch energiepolitische Rahmenbedingungen in den Gastländern stellen oft ein Investitionshemmnis dar. Die Rolle, die der CDM bei dem weiteren Ausbau erneuerbarer Energien spielen wird, hängt in erheblichem Maße von der weiteren Ausgestaltung des internationalen Klimaregimes in der Zeit nach 2012 ab.

Die Rolle der erneuerbaren Energien innerhalb des CDM wird in den Gastländern durch die nationalen CDM-Strategien festgelegt. Ein Ansatzpunkt für eine verbesserte Wahrnehmung erneuerbarer Energien innerhalb der Klimarahmenkonvention besteht in einer verstärkten klima- und energiepolitischen Beratung innerhalb der multi- und bilateralen Entwicklungszusammenarbeit.

#### **4.3.5.6 Nichtregierungsorganisationen: World Business Council on Sustainable Development**

Der im Januar 1995 gegründete World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) ging aus dem Zusammenschluß des Business Council for Sustainable Development (BCSD) in Genf und dem World Industry Council for the Environment (WICE) in Paris hervor. Mittlerweile sind mehr als 200 internationale Unternehmen Mitglied im WBCSD. Er hat regionale Netzwerke in Afrika, Nord- und Südamerika, Asien, Europa und Ozeanien.

Der WBCSD versteht sich als Vorreiter und Katalysator auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Er will die Rolle von Ökoeffizienz, Innovation und gesellschaftlicher Unternehmensverantwortung voranbringen. Er knüpft an die Ergebnisse der Konferenz von Rio und die Agenda 21 an. Die zukünftige Entwicklung muss danach so gestaltet werden, dass ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden. Zu diesem Zweck will der WBCSD die Zusammenarbeit von Wirtschaft, Regierung und Nichtstaatlichen Organisationen verstärken (WBCSD, 2009).

Zu den Zielen des Weltwirtschaftsrates zählen (WBCSD, 2009):

- Die führende Unternehmensorganisation im Bereich nachhaltiger Entwicklung zu sein
- Einfluss auf die internationale Politik zu nehmen, um Rahmenbedingungen zu schaffen, die es Unternehmen ermöglicht, einen positive und effektiven Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung zu leisten
- Den „Business case“ für nachhaltigen Entwicklung weiterzuentwickeln und zu propagieren
- Den Beitrag von Unternehmen zur nachhaltigen Entwicklung zu demonstrieren und Mitglieder zu unterstützen, Erfahrungen auszutauschen
- Die nachhaltige Entwicklung von Entwicklungsländern und Schwellenländern positiv zu beeinflussen.

Der Weltwirtschaftsrat hat verschiedene Projekte im Bereich nachhaltiger Entwicklung. Während der Schwerpunkt der Arbeit auf den Themen Energie und Klimaschutz, Entwicklungszusammenarbeit, Ökosysteme und die Rolle von Unternehmen in der Gesellschaft liegt, gibt es weitere, auf Unternehmenssektoren zugeschnittene Projekte wie zum Beispiel Zement, Mobilität, Reifen, Wasser und Energieeffizienz in Gebäuden (WBCSD, 2009).

Unternehmen können nur auf Einladung des Aufsichtsrats des WBCSD Mitglied in der Organisation werden. Unter den Mitglieder befinden sich marktführende Unternehmen wie z.B. Deutsche Bank, Daimler, Bosch, Siemens, IBM, EON, Sony, Nokia und Toyota (WBCSD, 2009). Während die meisten Mitgliedsunternehmen ihren Hauptsitz in OECD-Ländern haben, hat das WBCSD durch sein regionales Netzwerk eine starke Repräsentation in Entwicklungsländern. Dieses Netzwerk umfasst Organisationen in 60 Ländern. In deutschsprachigen Ländern ist das WBCSD in Deutschland durch econsense und in Österreich durch respACT vertreten.

Einerseits verpflichtet sich econsense dem Nachhaltigkeitsgedanken und präsentiert auf seinem Internetauftritt bspw. eine interaktiven Atlas zur globalen Klimapolitik. Als klimapolitische Instrumente werden dort Energieeffizienz, CO<sub>2</sub>-Steuer und erneuerbare Energien genannt. Andererseits vertritt econsense bzw. der WBCSD die Interessen der konventionellen Energiewirtschaft. Hier werden technologische „bottom-up“-Ansätze

ordnungsrechtlichen Maßnahmen vorgezogen. CCS sowie die Atomenergie werden als die zentralen Zukunftsmärkte angesehen. EON kündigte 2008 an, dass neben erneuerbaren Energien mit 24 Prozent Anteil die Kernkraft mit 19 Prozent Anteil sowie hoch-effiziente Gas- und Kohlekraftwerke das künftige Erzeugungsportfolio abrunden und zum konzernweiten Klimaschutzziel der Halbierung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 beitragen sollen (econsense, 2008). Die Implementierung von CCS-Technologien gerade in den großen Schwellenländern wird als wirksame klimapolitische Maßnahme betrachtet (econsense, 2007).

Der WBCSD war an der Weiterentwicklung des Clean Energy Investment Framework (CEIF) der Weltbank im Rahmen einer Öffentlich-Privaten Partnerschaft beteiligt. Setton kritisiert, dass auf diese Weise die multilateralen Entwicklungsbanken dabei helfen, die Investitionsrisiken der großen Energiekonzerne bei CCS zu minimieren (Setton, 2007). Eine solche Agenda dränge nicht nur die dringende Versorgung armer Menschen mit Energie an den Rand, sondern auch einen effektiven Klimaschutz.

#### **4.3.6 Bedeutung internationaler Institutionen für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien**

Bei zahlreichen internationalen Institutionen und zwischenstaatlichen Kooperationen hat sich die Wahrnehmung erneuerbarer Energien deutlich in Richtung einer positiveren Wahrnehmung verändert. Insbesondere bei der EU kann die positive Wahrnehmung von REG durch den gezielten Einsatz von Förderinstrumenten belegt werden. Erneuerbaren Energien wird eine bedeutende Rolle für Klimaschutz und Versorgungssicherheit beigemessen. Der Ausbau der Nutzung von REG wird deutlich vorangetrieben. REG werden zwar auch bei der Asiatisch-Pazifischen-Partnerschaft und der G8 nicht negativ wahrgenommen, doch ihre Bedeutung wird als nicht wichtiger als die fossiler Alternativen angesehen.

Bei REN21 ist nicht nur die Wahrnehmung von REG positiv. Die Institution widmet sich konkret einer stärkeren Wahrnehmung erneuerbarer Energien auf verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Ebenen. Bei der GEF als größtem multilateralen Financier von Erneuerbare-Energien-Projekten ist die Wahrnehmung erneuerbarer Energien als gleichbleibend positiv zu bewerten. Die Rolle erneuerbarer Energien in den flexiblen Instrumenten des Kyoto-Protokolls ist im Gegensatz zu anderen Klimaschutzmaßnahmen gering, vor allem da die Rentabilität erneuerbarer Energien-Projekte nur unwesentlich erhöht wird.

Ein Wandel in der Wahrnehmung von REG ist hingegen bei der IEA deutlich erkennbar. Seit einigen Jahren stehen nun auch die erneuerbaren Energien sowie Förderpolitiken auf der Agenda. Wie bei Weltbank und Asian Development Bank wird ihre Rolle gegenüber fossilen Energien als deutlich nachrangig angesehen. Der WBCSD sieht in erneuerbaren Energien eher eine nachrangige Lösung. Bevorzugt werden Energieversorgungsvarianten auf fossiler Basis inklusive CCS sowie Atomkraft.

## 5 Zielgruppenspezifische Perzeption erneuerbarer Energien

Der Darstellung der Rolle erneuerbarer Energien in Energiesystemen kommt große Bedeutung zu, da letztlich eine abgestimmte Ansprache die Akzeptanz auf verschiedenen Akteursebenen bzw. Bevölkerungsgruppen steigern kann. Daher wurde die aktuelle Situation bezüglich der Berichterstattung über und der allgemeinen Darstellung von erneuerbaren Energien analysiert. Einerseits wurden Journalisten befragt, andererseits eine vertiefte Auswertung von Broschüren und sonstigem Informationsmaterial innerhalb Deutschlands vorgenommen.

Aus der bisherigen Berichterstattung und den Haltungen der Journalisten lässt sich eine Reihe von Argumenten für die zukünftige Darstellung der REG ableiten. Die zukünftige Berichterstattung

- sollte eine systemischere Auseinandersetzung mit dem Thema (Einordnung und Bezug zu übergeordneten Themen) zulassen,
- sollte eher von Personen mit einer hohen Glaubwürdigkeit erfolgen, z. B. können mehr Stimmen von Umwelt NGO in die Berichterstattung eingebunden werden,
- sollte nicht nur positive sondern auch kritischere Aspekte diskutieren, um die Glaubwürdigkeit der Inhalte und der Themen in der breiten Bevölkerung zu erhöhen,
- sollte die Interessenlagen aller beteiligten Akteure offen legen, um eine differenziertere Auseinandersetzung mit dem Thema voranzutreiben,
- sollte aussagekräftige Informationen für Akteursgruppen bereitstellen, die zu den sogenannten Entscheidungsträgern gehören: Manager, Wirtschaftsexperten, Kommanditisten, Investoren und Unternehmer,
- muss Personen informieren, die in Zukunft mit erneuerbaren Energietechnologien in ihrer unmittelbaren Umgebung konfrontiert werden. Solche Personen müssen frühzeitig und umfassend benachrichtigt werden,
- sollte einen Bezug zur direkten Erfahrungswelt bestimmter gesellschaftlicher Gruppen herstellen (z. B. „Wie können Mietergruppen erneuerbare Energien nutzen?“),
- muss den konkreten Zugang und Nutzen zum Thema stärker verdeutlichen.

### Erstellen einer verbreitungsfähigen Broschüre

Vor dem Hintergrund der in den vorangegangenen Arbeitsfeldern durchgeführten Analysen wurde beispielhaft eine Broschüre erarbeitet, um einen zielorientierten Beitrag zur weiteren Verankerung der erneuerbaren Energien zu leisten.

Die Broschüre *Hemmnis Atomkraft* ist ein praktisches Beispiel, wie die Berichterstattung in Zukunft bezüglich erneuerbarer Energietechnologien gestaltet werden kann, um die Meinungsbildung zum Ausbau der REG-Technologien zielgerichtet voranzutreiben. Sie ist als systematische Erweiterung bisher vom BMU bereitgestellter Informationen über erneuerbare Energien (z. B. Broschüre *Erneuerbare Energien – Innovationen für*

*die Zukunft*) zu verstehen. Das ausgewählte Thema schließt eine Lücke in der bisherigen Berichterstattung, denn die beiden Energieerzeugungstechnologien (Atomkraftwerke und REG-Technologien) wurden bislang noch nicht systemvergleichend und in Form einer Broschüre für die interessierte Öffentlichkeit aufgearbeitet.

Durch eine Laufzeitverlängerung für Atomkraftwerke entstehen Folgeeffekte auch für die weitere Entwicklung von erneuerbaren Energietechnologien. Durch das Aufzeigen dieser Effekte können die Leser den Verlauf des gesamten (politischen) Prozesses besser einordnen und in einen übergeordneten Kontext stellen. Auf der Grundlage dieser Informationen kann auch eine kritischere Auseinandersetzung mit dem Thema erfolgen. Mit der vorliegenden Broschüre werden Informationen auch für Entscheidungsträger angeboten.

In der Broschüre werden Antworten zu Fragen bezüglich des gesamten Energiemixes der Zukunft diskutiert. So wird zum Beispiel deutlich, dass sich eine Laufzeitverlängerung der deutschen Atomkraftwerke negativ auf den Ausbau der REG-Technologien auswirken würde.

Die Broschüre ist auf der Homepage des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter [www.bmu.de](http://www.bmu.de) erhältlich.

Mit vermehrter Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland werden auf politischer Ebene ökologische und wirtschaftliche Ziele verfolgt. Die politischen Maßnahmen sowie ihre möglichen Effekte, die zur Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien führen sollen, sind eingebettet in ein gesellschaftliches System, welches durch bestimmte Wertorientierungen und darauf basierende Handlungsmuster der breiten Bevölkerung bestimmt wird. Die Reaktion der breiten Bevölkerung auf politische Maßnahmen ist in der Regel eine unbekannte Größe. Ein Blick in die Vergangenheit verdeutlicht, dass gerade energiepolitische Entscheidungen und die damit verbundenen Maßnahmen von der Bevölkerung sensibel wahrgenommen und bewertet werden (z. B. Bewegung gegen die Atomenergie in den 1980er Jahren). Vor diesem Hintergrund ist eine Analyse der Perzeption (gleichbedeutend dem Begriff der Wahrnehmung) erneuerbarer Energien und eine Analyse adäquater Zugänge zu den unterschiedlichsten Zielgruppen für die Ausweitung des Anteils des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen von Bedeutung.

Im folgenden Kapitel wird untersucht, ob es im Rahmen der Perzeption erneuerbarer Energien gruppenspezifische Unterschiede gibt und in welcher Form sich diese Unterschiede innerhalb der Gruppen äußern (z. B. in Bezug auf mögliche Interessen, die mit erneuerbaren Energien verbunden werden). Zur Orientierung verdeutlicht Abb. 5-1 die Beziehung von Perzeption und Akzeptanzbildung: Die Perzeption einer Person übt einen deutlichen Einfluss auf die Akzeptanzbildung und in einem weiteren Schritt auf das Verhalten von Personen und Gruppen aus.

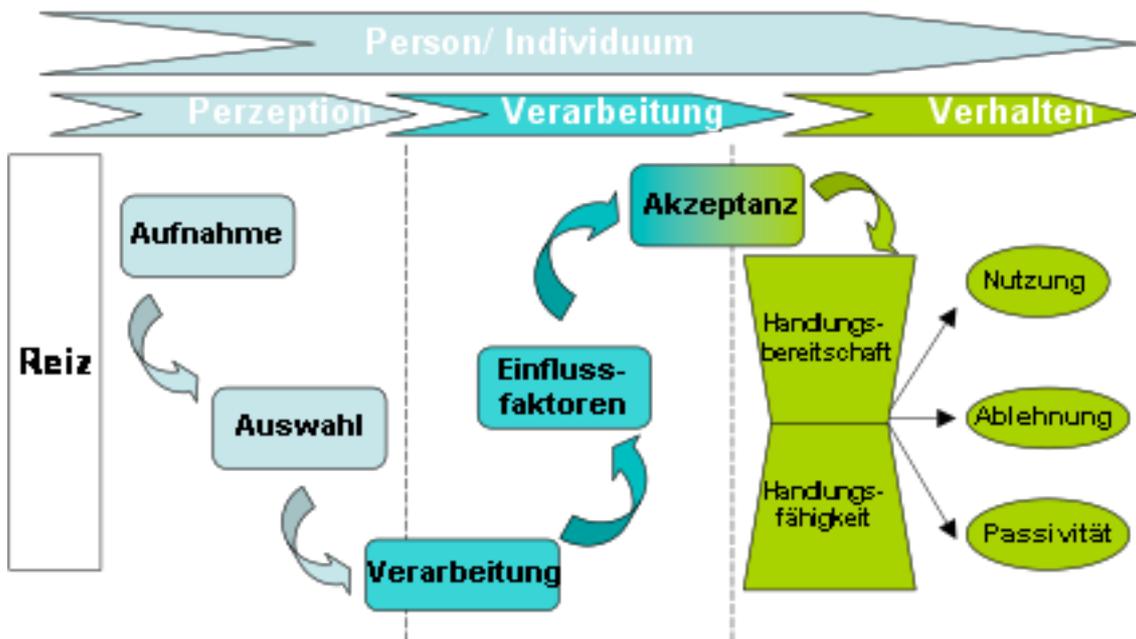


Abb. 5-1. Von der Perzeption zur Akzeptanz. Quelle: eigene Darstellung.

Warum neben anderen Faktoren die Akzeptanzbildung zur Implementierung erneuerbarer Energien entscheidend ist und welche möglichen Faktoren einen Einfluss auf die Akzeptanzbildung erneuerbare Energietechnologien und ihrer Nutzung nehmen können, ist Bestandteil von Kap. 5.1. Aufbauend auf den Ergebnissen der Kap. 5.1 und 5.2 können gruppenspezifische Vermarktungsstrategien für eine sinnvolle Implementierung von erneuerbaren Energien abgeleitet werden. So dient das Kap. 5.3 als weiterer Ausgangspunkt für energiepolitische Entscheidungen.

## 5.1 Die Perzeption erneuerbarer Energien

Perzeption bezeichnet generell den gesamten Prozess, durch den Personen Informationen über ihre Umwelt sowie über ihren eigenen Zustand aufnehmen und verarbeiten. Dies geschieht, in dem bestimmte, aus der Außenwelt oder dem Organismus selbst stammende Reize durch Sinnesorgane aufgenommen werden (vgl. Fuchs-Heinritz 1994). Die Perzeption wird nicht nur durch die physikalische Beschaffenheit der wahrgenommenen Reize bestimmt (z. B. Größe, Form, Farbe und Bewegung einer Photovoltaikanlage), sondern auch durch bestimmte Leistungen und Zustände der wahrnehmenden Person selbst. Dies können bereits vorhandene Vorstellungen, Erwartungen, Motive und Einstellungen des Individuums sein (z. B. Kenntnisse, Ausprägung des Umweltbewusstseins). Informationen über erneuerbare Energien werden nicht nur passiv „empfangen“, sie können aktiv und mit bestimmtem Interesse gesucht und selektiert werden. Personen in ähnlich konstituierten Gruppen mit zum größten Teil übereinstimmenden Interessen und Werten nehmen Informationen über erneuerbare Energien durchaus gleich wahr. Zur Erfassung der Perzeption und zur Analyse bestimmter Regelmäßigkeiten ist es also sinnvoll, den Blick nicht auf ein Individuum zu

richten, sondern unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen zu betrachten, die einen Großteil der Wahrnehmungsprozesse bezüglich erneuerbarer Energien in ihren Variationen abbilden.

### 5.1.1 Zielgruppenidentifizierung von erneuerbaren Energien

Bei der Analyse von Zielgruppen erneuerbarer Energien müssen unterschiedliche Bewertungskriterien herangezogen werden. Es ist zu prüfen, wie unterschiedliche Akteursgruppen (gesellschaftliche Gruppen, Parteien, Verbände, etc.) erneuerbare Energien wahrnehmen und ob Unterschiede in der Bewertung erneuerbarer Energien in gruppenspezifischen Zielen, Funktionen und den zur Verfügung stehenden Instrumenten begründet sind. Des Weiteren ist zu prüfen, wie die Prozesse der Informations- und Wahrnehmungsverarbeitung (bewusst/unbewusst) unterschiedlicher Gruppen (Selektion von Informationsquellen) funktionieren.

Die Perzeption erneuerbarer Energien ist in den einzelnen Gruppen von deren jeweiligen Interessen und Zielen abhängig (vgl. Tab. 5-1). Eine Evaluation der Instrumente, die den Gruppen zur Umsetzung ihrer Ziele zur Verfügung stehen (z. B. Gesetze, Parteiprogramme, Stellungnahmen, Werbemaßnahmen, etc.), gibt Rückschlüsse auf die Einstellungen, Meinungen und Handlungsoptionen der Gruppen. Es ist durchaus möglich, dass die Interessen und Ziele auch innerhalb einer Gruppe variieren, zum Beispiel bei der Gruppe der Medien oder anderer gesellschaftlicher Gruppen (z. B. Gewerkschaften). Innerhalb dieser Gruppen kann es dann durchaus zu unterschiedlichen Perzeptionen kommen. Die folgende Tab. 5-1 führt in einer ersten Übersicht alle relevanten gesellschaftlichen Gruppen und ihre Interessen, Ziele, Instrumente sowie Funktionen bezüglich des Themas erneuerbarer Energien auf.

Tab. 5-1. Zielgruppen erneuerbarer Energien

Zielgruppe/Wahrnehmung:	Direktes Interesse, welches mit der Nutzung von REG verbunden wird	Übergeordnete Ziele	Instrumente	Funktion/Wirkung
Verschiedene Regierungsebenen und Ministerien				
BMU	Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	Energie-Versorgungssicherheit, Einhaltung Kyoto-Ziele, ökol. Industriepolitik	<u>Gesetze</u> , finanzielle Förderung durch zusätzliche <u>Programme</u> , <u>Informationskampagnen</u> , Vorreiterrolle (Pilotprojekte)	Anreizschaffer, Multiplikator, je nach Instrument hoher Einflussfaktor auf die Meinungsbildung, vor allem durch das mediale Sprachrohr
BMWI	Technisches Innovationspotenzial erhöhen durch REG bzw. REG-Technologien	Wettbewerbsfähige Energieversorgung, Wirtschaftliches		

		Wachstum, Schaffung Arbeitsplätze		
Länder	Reduzierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen	Reduzierung der Arbeitslosigkeit, Herausstellung bestimmter wirtschaftlicher Alleinstellungsmerkmale	<u>Gesetze</u> , finanzielle Förderung durch zusätzliche <u>Programme</u> , <u>Informationskampagnen</u> , Vorreiterrolle (Pilotprojekte)	Multiplikator, je nach Instrument <u>hoher Einflussfaktor</u> , vor allem durch das mediale Sprachrohr
Kommunen	Einsparung von Energiekosten (z.B. Senkung der Kosten für Energie in öffentlichen Gebäuden), geringe CO <sub>2</sub> -Emissionen	Belebung der örtlichen Wirtschaft (Schaffung von Arbeitsplätzen), Abwanderung entgegenwirken	Informationskampagnen, <u>Vorreiterrolle</u> (Pilotprojekte: z. B.: Produkte aus der REG-Technik nutzen), Aufbau eines <u>Netzwerkes</u> relevanter Akteure aus dem Bereich REG, Kommunikation, Koordination, <u>Information</u> , <u>Beratung</u>	Initiator, Multiplikator (je nach Interesse der Kommune), Kommune als Verbraucher (Nutzungspotenzial von REG in öffentlichen Gebäuden)
Politische Parteien (in Bezug zu REG)				
SPD	Förderung von Kraftstoffen aus REG-Quellen, Biomassenutzung fördern, Gebäudeenergieverbrauch für Mieter und Käufer transparent machen, Programm zur energetischen Sanierung öffentlicher Gebäude	Deutschland soll Weltmarktführer bei Wind- und Solarstromanlagen sein	Darstellung in den <u>Medien</u> , Wahlprogramme	Anreizschaffer, Multiplikator
CDU/CSU	Forschung zu allen Energieformen, setzen auf "klimaverträglichen Energiemix", energetische Gebäudesanierung fördern	Abbau der hohen Subventionierung, REG sollen mindestens 12,5% Anteil am Stromverbrauch erreichen	Darstellung in den <u>Medien</u> , Wahlprogramme	Eher geringer Anreizschaffer, Multiplikator
FDP	Tragfähiges Gesamtkonzept für Neuanlagen, Speichertechnologie	RET sollen generell ausgebaut werden	Darstellung in den <u>Medien</u> , Wahlpro-	Eher geringer Anreizschaffer, Multiplikator

	entwickeln, damit REG grundlastfähig werden, Wärmenutzung stärker berücksichtigen		gramme	
Bündnis 90/ Die Grünen	KWK-Anteil bis 2020 verdoppeln, Gebäudeisolation stärker fördern, staatl. Wettbewerbsaufsicht über Strom- und Gaspreise	Bis 2020 je 25% der Strom-, Wärme-, Kraftstoff- und Chemieprodukteversorgung durch REG bzw. nachwachsende Rohstoffe	Darstellung in den <u>Medien</u> , Wahlprogramme	Eher starker Anreizschaffer, Multiplikator
Wirtschaft				
REG-Technik	Marktreife Produkte, Absatzsteigerung, Nachfrage erhöhen	Etablierung/Festigung am Markt, Export, Weiterentwicklung/Implementierung der Technik	Angebote schaffen, <u>Produktpalette</u> erweitern, Qualität/Vorteile der Produkte kommunizieren, <u>Werbung</u> , <u>Marketing-Strategien</u>	Einfluss auf Endverbraucher durch Produktangebote/-palette, wahrscheinlich eher geringe Multiplikatorfunktion, da nicht objektiv und unabhängig, sondern vom eigenen Produkt überzeugt
Öl- und Gaswirtschaft	Kein direkter Nutzen von REG, eher Konkurrenz zu RET	Preis- und Absatzstabilität bewahren	Verbesserung ihrer eigenen Produkte (Qualitätsmanagement), <u>Lobbyarbeit</u> , Preisstabilität, <u>Werbung</u> , <u>Marketing-Strategien</u> , Positionierung am Markt	Hoher Einfluss durch traditionelle Rolle am Markt, gut institutionalisiertes Netzwerk, stabiles Beschäftigungspotenzial
EVU's	(innovativer) Ausbau und Erhalt der Märkte	Energieversorgungs-Sicherheit		
Zulieferer-Industrie	Etablierung/Festigung am Markt, Export	Beteiligung/Schaffung neuer innovativer Märkte	Produkte, Werbung, Marketing für REG-Technik	Wahrscheinlich eher geringer Einfluss, da in der Produktionskette häufig vorgelagert
Verbände/NGO's/ andere Organisationen				
Verbände der REG-Technologien (Holz-	Etablierung der REG-Techniken am Markt	Marktreife Produkte, Klimaschutz	<u>Informationskampagnen</u> , Werbung für REG-Technik,	Hohe Multiplikatorfunktion, da nicht vom einzelnen Produkt abhängig

Pellet-Verband, Kompetenznetzwerke, etc.)			<u>Kommunikation (Messen, Fachveranstaltungen)</u>	
Verbände der Öl- und Gaswirtschaft	Kein direkter Nutzen, REG dient eher als Anreiz zur Verbesserung der bestehenden Technik (im Sinne von Wettbewerb)	Marktposition beibehalten und ausbauen	<u>Informationskampagnen, Werbung für Technik, Kommunikation (Messen, Fachveranstaltungen)</u>	Hohe Multiplikatorfunktion, da nicht vom einzelnen Produkt abhängig
Umweltverbände	REG als Teil der Informationsvermittlung/Medienkampagnen	Klimaschutz forcieren	<u>Informationskampagnen, Werbung für REG-Technik, Kommunikation (Messen, Fachveranstaltungen)</u>	Sehr hohe Multiplikatorfunktion, da vertrauenswürdig und unabhängig
Kirchen	Mitgestaltung an öffentlichen Themen (z. B. auch Klimaschutz)	Glaubensvermittlung, Wertorientierungen	<u>Veranstaltungen, Berichte, Dokumente</u>	Evtl. Multiplikatorfunktion, da vertrauenswürdig und unabhängig, jedoch ohne direkten Bezug zum Thema REG
<b>Medien</b>				
Printmedien	Aufklärungsarbeit über REG	Informationsvermittlung, Berichterstattung (hohe Auflagen)	<u>Artikel, Interviews, etc.</u>	Hohe Multiplikatorfunktion, da zugänglich für einen Großteil der Gesellschaft
TV	Aufklärungsarbeit über REG	Informationsvermittlung, Berichterstattung	<u>Berichte, Interviews, Dokumentationen, Nachrichten, etc.</u>	Hohe Multiplikatorfunktion, da zugänglich und anschaulich für einen Großteil der Gesellschaft
Internet	Aufklärungsarbeit über REG	Informationsvermittlung, Berichterstattung	<u>Artikel, Interviews, etc.</u>	Hohe Multiplikatorfunktion, da zugänglich für einen Großteil der Gesellschaft
<b>Forschung/Entwicklung</b>				
Unis, FH's, Institute und Gesellschaften	Unabhängige Forschung zu erneuerbaren Energien/ Weiterentwicklung der Technik in einem gesellschaftlichen System	Wissensbildung/ neue Erkenntnisse zum Klimaschutz	<u>Stellungnahmen, Berichte, Veranstaltungen, evtl. Vorlesungsverzeichnisse</u>	Multiplikatorfunktion, da objektive und wissenschaftliche Informationsvermittlung
Sachverständigen			<u>Stellungnahmen, Berichte,</u>	Multiplikatorfunktion, da objektive/ wissenschaftliche

gremien			<u>Veranstaltungen, evtl. Vorlesungsverzeichnisse</u>	Informationsvermittlung
Gesellschaft				
Unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen (abhängig von Wertorientierung, Lebensstil, Lebensstand, Bildung, etc.)	(unabhängige) Energieversorgungssicherheit, Umwelt- u. Klimaschutz, Einsparung Energiekosten	Haltung Lebenskomfort, -standard, Gesundheit, Preisstabilität der Energie	<u>Akzeptanz, Verhaltensmuster (Kaufverhalten)</u>	Massenkonsum, Endverbraucher, hohes Nutzungspotenzial

Quelle: eigene Darstellung

Es gibt Merkmale, die die Perzeption der erneuerbaren Energien bestimmen. Die Ergebnisse der Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2008“ sowie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2006“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zeigen, welche Merkmalsausprägungen innerhalb der gesellschaftlichen Gruppen unterschiedliche Wahrnehmungen hervorrufen: Allgemein besteht innerhalb der Gesellschaft zwar ein positiver Trend zu erneuerbaren Energien (90 Prozent der Befragten stimmen der Nutzung von erneuerbaren Energien zu, weil so weniger Energie importiert werden muss)<sup>143</sup>, Unterschiede in der Wahrnehmung lassen sich jedoch an folgenden Merkmalen ausmachen:

- **Bildung:** Die Einschätzung des Anteils verschiedener Energieträger an der Stromerzeugung ist abhängig von der Bildung der Befragten: Befragte mit höherer Schulbildung überschätzen den Anteil der Kernenergie, wohingegen Befragte mit einfacher Schulbildung den Anteil der Kernenergie häufiger unterschätzen. Das Merkmal Bildung hat also bei der Bewertung der Anteile an der Stromerzeugung einen signifikanten Einfluss. Mit der Höhe der Schulbildung steigt die Sympathie für Strom aus erneuerbaren Energien.
- **Alter:** Mehr als zwei Drittel der Bürger sind der Meinung, dass die Energiequellen Wind, Sonne und Biomasse stärker genutzt werden müssten. Das Interesse am Bezug von Ökostrom ist in den jüngeren Altersgruppen verglichen zu anderen Altersgruppen höher.

<sup>143</sup> Vgl. BMU (2008a), Seite 30

- Wertorientierungen: Der Anteil derer, die eine stärkere Nutzung erneuerbarer Energien für vordringlich halten, ist in den sogenannten gesellschaftlichen Leitmilieus mit rund 40% deutlich höher als im gesamtgesellschaftlichen Durchschnitt. Zum Thema Ausbau von Windkraftanlagen (offshore) stimmen 71 Prozent der Bürger dafür, dass weitere Windkraftanlagen gebaut werden sollen. Je höher das Umweltbewusstsein der Befragten dabei ist, desto eher sind die Befragten dafür, dass neue Anlagen in der Nord- und Ostsee gebaut werden. Wertorientierungen wie das Umweltbewusstsein spielen also bei der Entscheidung zu einem weiteren Ausbau von bestimmten Technologien eine Rolle.

Die Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2006“ zeigt ein deutlich gestiegenes Umweltbewusstsein der deutschen Gesellschaft im Vergleich zu den Ergebnissen aus früheren Erhebungen. Die Ursachen für die Erhöhung des Umweltbewusstseins liegen laut Kuckartz<sup>144</sup> in der Sorge um die persönliche Gesundheit der Menschen und in den wachsenden Zahlen der Medienberichte über globale Umweltkatastrophen. Das Umweltbewusstsein ist dabei abhängig von unterschiedlichen Einstellungen, Betroffenheiten, dem Grad an Verantwortungs- und Krisenbewusstsein sowie Sensibilität und der Auffassung von Nachhaltigkeit. Ob diese Merkmale einen Einfluss auf die Perzeption des Themas erneuerbare Energien nehmen, ist zu prüfen. Das vorliegende Teilkapitel identifiziert in einem nächsten Arbeitsschritt, wie einzelne Gruppen Informationen über erneuerbare Energien wahrnehmen und verarbeiten. In diesem Zusammenhang ist ein Blick auf die Informationsquellen unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen sinnvoll. Im Anschluss daran wird eine Analyse der Glaubwürdigkeit unterschiedlicher Informationsquellen und eine qualitative Bewertung von Umfang und Qualität der Berichterstattungen über erneuerbare Energien vorgenommen.

Die Ergebnisse dieser Analyse werden genutzt, um Ansatzpunkte für stärker zivilgruppenspezifische Informations- und Aufklärungskampagnen zu entwickeln.

## **5.2 Einflussfaktoren der Akzeptanzbildung hinsichtlich der Nutzung erneuerbarer Energien sowie konkurrierender Optionen (z. B. Kernenergie)**

Aufgabe dieses Abschnitts ist zunächst eine generelle Bestandsaufnahme möglicher Faktoren und ihrer Ausprägungen, die einen Einfluss auf die Akzeptanzbildung in der breiten Bevölkerung hinsichtlich erneuerbarer Energietechnologien und ihrer Nutzung ausüben können. Eine Kategorisierung und Diskussion der relevanten Faktoren, auch im Vergleich zu konkurrierenden Optionen der Energieerzeugung, ermöglicht die Identifikation notwendiger Maßnahmen für die breite Akzeptanzbildung sowie für die Implementierung von erneuerbaren Energietechnologien.

Wissenschaftliche Untersuchungen zur Technikakzeptanz im Allgemeinen haben eine Reihe von relevanten Faktoren ermittelt, von denen anzunehmen ist, dass sie einen

---

<sup>144</sup> [http://www.umweltbewusstsein.de/ub/deutsch/2006/presseecho/welt\\_ub\\_22\\_02\\_07.jpg](http://www.umweltbewusstsein.de/ub/deutsch/2006/presseecho/welt_ub_22_02_07.jpg)

Einfluss auf die Frage der Akzeptanz auch im Bereich erneuerbarer Energietechnologien haben<sup>145</sup>. Eine negative Ausprägung dieser Faktoren kann zu Akzeptanzproblemen beitragen, wie im Folgenden beschrieben:

**a) Wissensstand/Kenntnisse**

Ein geringes Wissen sowie geringe Kenntnisse in der breiten Bevölkerung über erneuerbare Energien und anderen Energieerzeugungs-Technologien, sowie generell ein geringes Wissen bzw. Verständnis für umweltrelevante Aspekte wie z. B. Klimawandel, CO<sub>2</sub>-Emissionen, etc. wirkt sich nachteilig auf die Akzeptanz aus.

**b) Risikowahrnehmung**

Die sensible Perzeption von Risiken, die von erneuerbaren Energietechnologien (gesamte Prozesskette: Produktion, Aufbau, Nutzung) ausgehen könnte, ist bedeutend für die Akzeptanzbildung. Es ist zu unterscheiden zwischen der Wahrnehmung des persönlichen Risikos (NIMBY-Effekt – z. B. Beeinträchtigungen der Gesundheit ausgehend von Energieerzeugungsanlagen in der Nähe urbaner Räume) und der des gesellschaftlichen, ökologischen und wirtschaftlichen Risikos (z. B. Wegfall von Arbeitsplätzen in einer Region durch Umstrukturierungen im Energieerzeugungssystem). Vergleichend dazu ist eine Analyse der Wahrnehmung von Risikofaktoren, die von konkurrierenden Optionen ausgehen können, z. B. die Wahrnehmung der Risiken, die durch neue Kraftwerkstechnologien (CO<sub>2</sub>-Abtrennung und Speicherung) ausgehen können, entscheidend.

**c) Vorteile bzw. Nachteile**

Eine differenzierte Analyse der Nachteile, die der breiten Bevölkerung durch die Nutzung erneuerbarer Energien entstehen und zukünftig entstehen können, dient zur weiteren Abwägung der Akzeptanzbildung und ist Bestandteil dieses Arbeitspaketes. Die Nachteile umfassen z. B. höhere Kosten/Preise für eine Kilowattstunde Strom, höhere Investitions- und Produktionskosten zur Einführung/Implementierung der Technik, vergleichsweise lange Amortisationszeiten für entstehende Kosten, Auswirkungen auf das Landschaftsbild, etc.. Nachteile, die durch die Nutzung alternativer Optionen entstehen können, dürfen bei dieser Betrachtung nicht unreflektiert bleiben – ebenso wie die Vorteile.

**d) Berichterstattung in den Medien**

Eine negative Berichterstattung in den Medien über erneuerbare Energien stellt ein mögliches Beeinflussungspotenzial der breiten Bevölkerung ausgehend von diversen Medienarten und bestimmter Berichterstattungsstile dar. Ein Spezialfall der medialen Berichterstattung ist die Risikokommunikation bezüglich bestimmter Technologien und

---

<sup>145</sup> Derzeit gibt es keine wissenschaftlich basierten Erkenntnisse/Studien, die die Akzeptanz aller zur Verfügung stehender erneuerbarer Energietechnologien auf Bundesebene vollständig abbilden. Auf Studien über die Akzeptanz bestimmter einzelner Technologien (z. B. Wasserstoff-Fahrzeuge) kann bereits zurückgegriffen werden.

technologischer Entwicklungen, die sowohl in Bezug zu erneuerbaren Energien als auch zu konkurrierenden Optionen im Hinblick auf Akzeptanzbildung untersucht werden muss. Negative Effekte, die in der Vergangenheit aus einer intensiven Risikokommunikation über bestimmte Technologien entstanden sind, lassen sich am Beispiel der Atomenergie ausmachen. Ob sich daraus Vorschläge für die Kommunikation erneuerbarer Energien ableiten lassen, ist Teil des Arbeitspakets.

e) **Vertrauen** zur Technik

Fehlendes Vertrauen in Bezug auf die generelle Leistung erneuerbarer Energien wäre nachteilig für die Akzeptanzbildung. Befürchtungen und Ängste in der breiten Bevölkerung, die generell mit der Nutzung erneuerbarer Energietechnologien verbunden werden (Verfügbarkeit von Energie zu Spitzenlastzeiten, bei extremen Wetterbedingungen wie Kälte- oder Hitzeperiode, etc.), werden erfasst, um einen möglichen Einfluss auf die Akzeptanzbildung abbilden zu können. Ein Blick auf die Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit alternativer Optionen (z. B. Kohlekraftwerke, Atomkraftwerke) dient bei der Betrachtung als konstituierendes Element.

f) Gedankliche **Verknüpfungen** mit der Technik

Negative kognitive sowie affektive Verknüpfungen, die mit erneuerbaren Technologien verbunden werden, tragen zu einer sinkenden Akzeptanzbildung bei. Wie erneuerbare Energien wahrgenommen werden, ist abhängig von differenzierten Werte- und Normvorstellungen unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen und deren Einstellungsmustern. So ist anzunehmen, dass die Gruppe der sogenannten Postmaterialisten aufgrund ihrer Einstellung (liberale Grundhaltung, intellektuelle Interessen, etc.) eine andere Wahrnehmung des Themas erneuerbarer Energien besitzt, als die Gruppe der Hedonisten, deren Lebensstil eher durch Spaßorientiertheit und Verweigerung von Konventionen geprägt ist. Eine Analyse der gedanklichen Verknüpfungen, die die breite Bevölkerung mit erneuerbaren Energien herstellt, erfolgt hier mit Hilfe der sogenannten Sinus-Milieus, die Menschen nach ihrer Lebensauffassung und ihrer Lebensweise gruppieren (Wertorientierungen, Alltagseinstellungen zur Arbeit, zur Familie, zur Freizeit, zu Geld und Konsum).

g) **Interesse/Einstellungen**

Ein geringes Interesse an sowie eine negative Einstellung zu umweltrelevanten Themen (Umweltschutz und Klimawandel) und erneuerbaren Energietechnologien haben einen Einfluss auf die Akzeptanz in der Bevölkerung. Das Interesse variiert, ähnlich wie bei den bereits genannten gedanklichen Verknüpfungen zu erneuerbaren Energien, stark in unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppierungen. Das vorherrschende Umweltbewusstsein einer Gesellschaft hat einen entscheidenden Einfluss auf die Akzeptanzbildung. Ergebnisse der bereits genannten UBA-Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2006“ werfen ein deutliches Licht auf das gestiegene Umweltbewusstsein der Deutschen und dienen als wichtige Parameter zur Akzeptanzbildung erneuerbarer Technologien.

#### h) **Handhabung** der Technik

Ungünstige persönliche Erfahrungen, die sich durch die konkrete Nutzung (Alltags- bzw. Freizeittechnik sowie Arbeitstechnik) erneuerbarer Technologien ergeben können, nehmen einen direkten negativen Einfluss auf die Akzeptanzbildung der Individuen. Zusätzliche indirekte Beeinflussungen könnten sich durch Erfahrungswerte anderer Personen ergeben, die diese mittels Kommunikation an Dritte weitergeben (Mund-zu-Mund Propaganda). Um Erfahrungswerte unterschiedlicher erneuerbarer Technologien zu erfassen, werden zur Verfügung stehende Zufriedenheitsanalysen (z. B. Wasserstoff-Fahrzeug) als Maßstab herangezogen, um so Aufschlüsse über die zukünftige Akzeptanzbildung geben zu können.

Die Abwägung und Bewertung der genannten Faktoren, die einen Einfluss auf die Akzeptanzbildung erneuerbarer Energien nehmen können, erfolgt im Rahmen des Kapitels vorwiegend über eine Analyse von zur Verfügung stehenden Sekundärdaten. Welche Einflussgrößen wirklich zur Senkung der Akzeptanz beitragen, ist auch stark abhängig von konkurrierenden Energieoptionen, die an den Möglichkeiten erneuerbarer Energien gespiegelt und ins Verhältnis gesetzt werden müssen. Darauf aufbauend schließt das Kapitel mit möglichen Anpassungsvorschlägen für die lang- und kurzfristige Entwicklung erneuerbarer Energien.

### **5.3 Entwicklung gruppenspezifischer Informationsansätze**

Die Ergebnisse der Analysen zur Perzeption (vgl. Kap. 5.1) und zur Akzeptanz (vgl. Kap. 5.2) dienen in einem weiteren Schritt zur theoretischen Entwicklung gruppenspezifischer Informationsstrategien für die Implementierung von erneuerbaren Energien.

Parallel zu dieser theoretischen Arbeit wird mit Hilfe einer qualitativ angelegten Inhaltsanalyse von Informationsbroschüren zu erneuerbaren Energien sowie einer Befragung von Journalisten erfasst,

- wie erneuerbare Energien dargestellt werden (z. B. das Diskursfeld erneuerbare Energien als Beitrag für den Klimaschutz / erneuerbare Energien zur Förderung der Innovationsentwicklung),
- von wem sie dargestellt werden (Akteursgruppen mit Multiplikatorfunktion),
- auf welche Zielgruppen sie ausgerichtet sind (Adressat),
- ob die gesamte Bandbreite potenziell treibender Kräfte von REG aufgeführt wird (Auswahl der Themen) und
- welchen Beitrag die Berichte zu erneuerbaren Energien leisten können, um das Thema in der breiten Bevölkerung stärker zu verankern (werden z. B. sowohl positive als auch negative Aspekte von erneuerbaren Energien dargestellt, so dass sich eine stabile Meinungsbildung in der Bevölkerung zum Thema entwickeln kann?).

Im Folgenden wird ein Ansatz für verbreitungsfähige Broschüren zu unterschiedlichen Themen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien entwickelt. Es wird verdeutlicht,

für welche Zielgruppen zukünftig Informationen mit Hilfe von Broschüren zum bereits bestehenden Angebot aufbereitet bzw. ergänzt werden. Die Ergebnisse des vorliegenden Kapitels sind die Grundlage für das Erstellen von Broschüren für bestimmte Zielgruppen.

### **5.3.1 Darstellung des Themas erneuerbare Energien in Informationsbroschüren**

Bei der Analyse von Informationsbroschüren lag das Hauptinteresse einerseits in der Erfassung der Themenschwerpunkte sowie andererseits bei der Ermittlung der Zielgruppen, die angesprochen wurden. Um einen umfassenden Blick auf die vermittelten Inhalte zu bekommen, wurden solche Broschüren analysiert, die ab dem Jahr 2005 herausgegeben wurden und noch im Verlauf des Analysezeitraumes erhältlich waren.

Die methodische Herangehensweise der Analyse ist eher qualitativ angelegt, das heißt die Auswahl erfolgte nach bestimmten Kriterien:

- Herausgeber,
- Erhältlichkeit/Zugang,
- Aktualität (Erscheinungsdatum),
- Bezug zum Thema erneuerbare Energien sowie Themenschwerpunkt.

Mit Hilfe dieses Rasters konnten die Broschüren ausgewählt und in einem zweiten Schritt kategorisiert werden. Der Zugang zu den Broschüren fand mit Hilfe einer breit angelegten Internetrecherche statt. Die Broschüren wurden einerseits mit Hilfe bestimmter Schlagwörter (beispielsweise „Broschüre“ und „erneuerbare Energien“) und Suchmaschinen sowie andererseits gezielt auf Websites von relevanten Akteuren oder Informationsdiensten der Energiebranche gesucht. Sie wurden nach relevanten Zielgruppen und verschiedenen Altersstufen unterteilt, wie etwa die Gruppe der Schüler oder die der Rentner. Andererseits wurde zwischen verschiedenen privaten und beruflichen Interessengruppen unterschieden, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften unterschiedliche Zugänge zum dem Thema erneuerbare Energien haben.

In den meisten Fällen waren die Informationsbroschüren sowohl in einer gedruckten Fassung als auch in einer pdf-Version zu beziehen (per telefonischer oder postalischer Anfrage, oft auch per Online-Formular). Nur in wenigen Ausnahmefällen – wie beim Internet-Update der BMU-Broschüre *Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung* (2008) war die Broschüre nur online verfügbar.

Die Informationsmaterialien zu erneuerbaren Energien decken insgesamt ein großes thematisches Spektrum ab. Allerdings stellen die untersuchten Materialien in der Regel nur Teilaspekte der möglichen Themen dar. Die Broschüren, die über Websites von relevanten wirtschaftlichen Akteuren (z. B. von RWE oder E.ON) zu erhalten sind, wur-

den nicht in die Analyse mit einbezogen, da sie definitorisch nicht zu den klassischen Materialien öffentlicher Informationskampagnen<sup>146</sup> gehören.

Der Inhalt vieler Broschüren weist in seiner thematischen Ausrichtung Ähnlichkeiten auf. Die Grundtendenz liegt überwiegend in der Befürwortung des weiteren Ausbaus erneuerbarer Energien und der Reduktion klimaschädlicher Treibhausgase. Häufig findet man in den Broschüren Zahlen über durch den Einsatz regenerativer Energien vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen. So erfährt man beispielsweise im Vorwort der BMU-Broschüre *Erneuerbare Energien – Was kostet uns das?*, dass allein im Strombereich im Jahr 2007 fast 80 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden konnten. Ein weiteres immer wichtiger werdendes Thema in Zeiten der Finanzkrise ist die Wirtschaftlichkeit und Preisstabilität erneuerbarer Energien (besonders im Wärmebereich, vgl. der Flyer *Holzpellets. Heizen mit gutem Gefühl.* der EnergieAgentur NRW).

Bei den Suchergebnissen wurde eine starke Präsenz von Broschüren des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (**BMU**) sowie des BINE Informationsdienstes als Herausgeber verschiedener Broschüren deutlich. Thematisch beinhalten die von staatlicher Seite aus publizierten Materialien meist technische, wirtschaftliche und allgemeine Informationen über erneuerbare Energien, wie in der Broschüre *Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung* oder auch *Erneuerbare Energien – Fragen und Antworten* (2008). In anschaulichen Diagrammen werden verschiedene Entwicklungen im Energiesektor aufgezeigt und der Bezug zum übergeordneten Thema Klimaschutz hergestellt. Ein wichtiger Punkt, der in Bezug auf nichtfossile Energieerzeugung immer wieder erwähnt wird, ist die Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Broschüre *Erneuerbare Energien in Zahlen* bezieht diese mit über 101 Millionen Tonnen pro Jahr in Deutschland. Das Heft *Erneuerbare Energien - Innovationen für die Zukunft* veranschaulicht beispielsweise in einer Darstellung, dass die Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2005 zu 86 TWh aus nichtfossiler Produktion stammte, was zu den 18 TWh im Jahr 1990 eine Zuwachsrate von knapp 380% bedeutete. Für das Jahr 2020 wird ein weiterer Anstieg auf 151 TWh prognostiziert. Insbesondere der große Anstieg des Windenergieanteils an der Energieerzeugung seit den späten 90er Jahren wird in diesem Zusammenhang oft verdeutlicht. Des Weiteren veröffentlicht die Bundesregierung Broschüren, in denen spezielle Gesichtspunkte näher beleuchtet werden, zum Beispiel staatlich geförderte Energieprogramme. Hierzu zählen etwa Broschüren, die über Fördergelder informieren (*Fördergeld 2008 für Energieeffizienz und erneuerbare Energien*) oder über aktuelle Änderungen von Förderungen (Flyer: *Mehr Bio im Diesel* (2009)). Die Grundtendenz zu erneu-

---

<sup>146</sup> Laut Bonfadelli (vgl. S. 96) umfassen öffentliche Informationskampagnen die Konzeption, Durchführung und Kontrolle von systemischen und zielgerichteten Kommunikationsaktivitäten zur Beeinflussung von Problembewusstsein und Einstellungen gewisser Zielgruppen in Bezug auf Aufgaben, die im positiven, d.h. gesellschaftlich erwünschten, Sinn erfolgen. Wirtschaftliche Unternehmen hingegen versuchen ihre Interessen in der Öffentlichkeit durchzusetzen, d. h. es stehen keine wirklichen öffentlichen Anliegen im Zentrum der Berichterstattung.

erbaren Energien ist in all diesen Broschüren positiv. Viele Infobroschüren, die das BMU herausgibt, dienen der Imageverbesserung erneuerbarer Energien. In diesem Zusammenhang stehen oft die Wirtschaftlichkeit und der Nutzen für Deutschland als Industriestandort im Vordergrund (*Wirtschaftsförderung durch erneuerbare Energien – Was bringt uns das?* (2007), *Umweltschutz schafft Perspektiven* (2008)). In der Broschüre *Strom aus erneuerbaren Energien – was kostet uns das?* (2008) werden die Verbraucher darüber informiert, dass das EEG entgegen der lang verbreiteten Meinung der etablierten Energieversorger zu Unrecht ein sehr negatives Image genießt. Eine weitere Quelle, die umfassend über neue Energiekonzepte und Technologien berichtet, ist der BINE Informationsdienst. BINE veröffentlicht verschiedene Broschüren auch in Zusammenarbeit mit anderen Bundesministerien. Beispiele dafür sind die Hefte *Projektinfo* und *Themen-Info*, die zusammen mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie erstellt werden.

Seit Anfang 2007 ist die Veränderung des globalen Klimas in Deutschland als Thema stark in den Vordergrund der gesellschaftlichen und politischen Debatte gerückt. Ein Hauptgrund dafür ist die Veröffentlichung der Zusammenfassung des 1. Teils des 4. IPCC-Sachstandberichtes im Februar 2007. Im Zuge dessen ist auch die Klimaschutzdebatte stark in das Augenmerk der Öffentlichkeit gelangt. Insbesondere der Energieerzeugung und -einsparung gilt bei dieser Diskussion ein Hauptinteresse. Die veranschlagten CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele der Bundesregierung, der schnelle Ausbau erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung in Deutschland und weiteren Ländern, sowie praktische Hilfestellungen für Eigentümer zur Installation von strom- und wärmeerzeugenden Anlagen sind Themen, zu denen anscheinend der Informationsbedarf der deutschen Bevölkerung deutlich gestiegen ist. Vorangetrieben wird diese Entwicklung seit Januar 2009 durch das Inkrafttreten des EEGWärmeG und der Novelle des EEG der Bundesregierung und den damit verbundenen Fördermöglichkeiten für Nutzer erneuerbarer Energien.

Die analysierten Broschüren weisen einerseits sehr unterschiedliche Zielgruppen auf, andererseits wurden viele Broschüren über erneuerbare Energien für keine spezifische Zielgruppe konzipiert, sie sollen vielmehr eine breite interessierte Öffentlichkeit informieren. Durch dieses Vorgehen können und sollen möglichst große Bevölkerungsteile über die aktuelle Energiepolitik aufgeklärt werden. Viele Materialien werden von politischen Institutionen herausgegeben oder gefördert, wodurch auch das Interesse des Staates an einer Information der Bürger über die Umwelt- und Klimaproblematik verdeutlicht wird. Dahinter steht die Erwartung, dass ein positiver Einfluss auf die politische Umsetzung eher gelingt, wenn die Öffentlichkeit von der Dringlichkeit einer Energiewende zu überzeugen ist. Neben dieser allgemeinen Zielgruppe werden einzelne Zielgruppen mit ausgewählten Informationen versorgt. So werden zum Beispiel Kommunen, Kirchen und andere Teilgruppen der Gesellschaft (z. B. SchülerInnen) zu strategischen Ansprechpartnern.

Die Energieversorgung der Kommunen liegt gewöhnlich im Verantwortungsbereich der Stadtwerke, deren Entscheidungen mit kommunalen politischen Gremien abgestimmt

werden. Um die Entscheidungsträger hierbei mit wichtigen Fachinformationen zu versorgen, gibt es neben den allgemeinen Broschüren auch spezielle Materialien. Ein anschauliches Beispiel ist eine Publikation des Instituts für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) GmbH mit dem Titel *Erneuerbare Energien in Kommunen optimal nutzen - Denkanstöße für die Praxis*. Hier werden konkrete Anregungen und Hilfestellungen zur Implementierung erneuerbarer Energien in den Kommunen gegeben. Über die Website <http://www.kommunal-erneuerbar.de> gelangt man zu einem Informationsportal, über das man weitere Informationen und Unterstützung für den Ausbau regenerativer Energien in den Kommunen erhält. Aktuelleren Datums ist die von der Agentur für Erneuerbare Energien und dem Deutschen Städte- und Gemeindebund herausgegebene Broschüre *Erneuerbare Energien – Projekte in Kommunen* (2008). Vielzitierte Argumente für den Ausbau der erneuerbaren Energien auf kommunaler Ebene sind die regionale Wertschöpfung, die Unabhängigkeit der Energieversorgung und der Tourismusfaktor.

Kirchen und Kirchengemeinden haben in der Gesellschaft eine Vorbildfunktion und stehen häufig im Blickpunkt der Öffentlichkeit. Ein wichtiger Grundsatz kirchlichen Handelns ist die Bewahrung der Schöpfung, eine Angelegenheit, die in den letzten Jahren immer stärker mit dem Schutz des Klimas und der Umwelt in Verbindung gebracht wird. Der Rat der Evangelischen Kirche in Deutschland und die Deutsche Bischofskonferenz haben sich in einem gemeinsamen Wort für Energieeffizienz sowie für die Förderung der Forschung und Entwicklung regenerativer Energieträger ausgesprochen. Diese Strategien werden als leitende Prinzipien bezeichnet (Kirchengemeinden für die Sonnenenergie 2003). Durch das Großprojekt *Kirchengemeinden für die Sonnenenergie*, das von 1999 bis 2001 durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert wurde, erhielten etwa 700 Kirchengemeinden finanzielle Unterstützung bei der Installation von Solaranlagen. Die Resonanz war beachtlich und diente vielerorts als Initialzündung für weitere Handlungen im Bezug auf Nachhaltigkeit. Explizite Informationsmaterialien für kirchliche Energieprojekte findet man somit entweder über die DBU, über einzelne Kirchengemeinden die bereits Erfahrung mit der Thematik haben oder über kirchliche Organisationen, die in speziellen Projekten partizipiert haben oder diese selbst initiierten.

Klimawandel und erneuerbare Energien sind auch in Schulen informativ behandelte Themen. Broschüren über regenerative Energieerzeugung werden von unterschiedlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt. Teilweise nehmen die Energieversorgungsunternehmen hierbei eine Rolle ein. Über die Website: <http://www.learnline.nrw.de> besteht die Möglichkeit, eine Suchmaske aufzurufen, mit deren Hilfe sich in mehr als 200.000 Artikeln aus über 250 Zeitschriften stichwortbezogene Berichte finden lassen. Die Ergebnisse reichen hierbei allerdings in die Jahre von 1980 bis 2006 zurück, so dass die neueren Veröffentlichungen nur einen kleinen Teil der Datenbank ausmachen. Weitere Informationen und weiterführende Links erhält man in der *Learn-Line* unter dem Stichwort *Agenda 21 – Treffpunkt*. Ein näher zu erwähnendes Beispiel für Lehrer/Schülerinformationen in Verbindung mit einer starken Eigenwerbung ist die

Broschüre *Um Welten besser* von McDonald's Deutschland Inc.. Inhalt dieser Publikation sind verschiedene Umweltschutzmaßnahmen, wobei die erneuerbaren Energien einen Teilbereich ausmachen. Im Gegensatz zu den meisten anderen Materialien, die unternehmens- und technologieübergreifend informieren, wird in der Broschüre der Fast-Food-Kette ein Schwerpunkt darauf gelegt, das Unternehmen McDonald's als fortschrittlich und umweltfreundlich zu präsentieren, wobei Mechanismen der Eigenwerbung benutzt werden, die die Realität zum Teil verzerrt repräsentieren.

Für Bauherren und Hausbesitzer ist das Thema *Erneuerbare Energien* unter dem Blickwinkel „eigene Energieproduktion“ interessant. Insbesondere durch das im Jahr 2000 in Kraft getretene *Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien*, das geläufiger unter der Bezeichnung *Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG) bekannt ist, wurde ein lukrativer Anreiz für Eigentümer geschaffen, erneuerbare Energieanlagen zu installieren. Besonders die Photovoltaik auf Häusern und die Installation großer Windparks sind als Effekt des EEGs zu verstehen. *Solarwärme plus* und *Wärme aus erneuerbaren Energien* sind zwei Publikationen, die explizit auf Leser zugeschnitten sind, die eine energetische Hausmodernisierung oder einen Neubau planen. Herausgeber dieser Broschüren ist die Deutsche Energieagentur (dena), die sich als Kompetenzzentrum für Energieeffizienz und regenerative Energien versteht und die Information der Endverbraucher als eines ihrer Ziele sieht. Inhalt dieser Veröffentlichungen sind praktische Hilfestellungen und Informationen für Eigentümer. Mit Inkrafttreten des EEWärmeG am 1. Januar 2009 sind die Anreize für Hauseigentümer weiter gestiegen, in eine regenerative Wärmeversorgung zu investieren und der Einbau erneuerbarer Energien in Neubauten ist verpflichtend geworden. Broschüren wie *Wärme aus erneuerbaren Energien - Was bringt das neue Wärmegesetz?* gehen auf das entstandene Informationsbedürfnis ein. Ebenfalls auf die Fördermöglichkeiten bezogen, jedoch eher an ein Fachpublikum gerichtet ist die *dena Förderübersicht EU-27 REG Wärme*. Was sie für den „normalen“ Bauherren recht unattraktiv machen wird, ist der stolze Bestellpreis von 350€ für die gebundene Komplettversion.

Verbraucherverbände haben sich zur Aufgabe gestellt, die Interessen der Verbraucher gegenüber Wirtschaft, Politik und Gesellschaft zu schützen. Erneuerbare Energien betreffen den Arbeitsbereich dieser Gruppierungen zum Beispiel in der Beratung von Eigentümern bei Installationen und Veränderungen im Eigenheimbereich. Die Verbraucherzentrale Hamburg beispielsweise beschäftigt wissenschaftliches Fachpersonal, das Informationen für unterschiedliche Verbrauchergruppen erstellt und Hilfestellungen geben kann. Die Informationen dieser Verbände sind vielfältig, allerdings werden sie häufig in Form von Online-Berichten, Pressemitteilungen und Kurzinformativen aufbereitet, ausführliche Informationsbroschüren speziell für den Bereich der erneuerbaren Energien konnten im Rahmen der Analyse nicht ermittelt werden.

Alle politischen Parteien, die in den deutschen Parlamenten vertreten sind, bekennen sich zu Umweltschutzmaßnahmen und erneuerbaren Energien. Eine ausführliche Analyse der aktuellen Parteiprogramme hätte deren Position zum Thema erneuerbare Energien verdeutlicht. Allerdings zählen diese Informationsmaterialien nicht zu den

klassischen Infobroschüren, daher wird an dieser Stelle auf eine solche Analyse verzichtet. Spezielle Informationsbroschüren, die von dieser Akteursgruppe veröffentlicht wurden, konnten im Rahmen der Recherche nicht ausfindig gemacht werden.

Das Wirken von Umweltschutzverbänden (NGOs) hat in der Vergangenheit einen entscheidenden Beitrag zur Etablierung erneuerbarer Energien geleistet. Es wird davon ausgegangen, dass der Umweltgedanke in der Bevölkerung mit Hilfe dieser Organisationen weiter verankert wurde, da sie ein hohes Maß an Glaubwürdigkeit in der breiten Bevölkerung genießen. In ihren Stellungnahmen, Informationen und Download-Broschüren nehmen diese Institutionen klare Positionen zu einem stärkeren Ausbau regenerativer Energien ein. Inhaltlich werden oftmals sehr spezielle und vor allem aktuelle Themen diskutiert (zum Beispiel zum Thema Elektroauto oder Energiesparlampen), die nur einen indirekten Bezug zum Rahmenthema erneuerbare Energien aufweisen. Ausführliche Informationsbroschüren, die über das Thema erneuerbare Energien in seiner gesamten Bandbreite berichten, konnten nur in einem sehr geringen Umfang ermittelt werden.

Der Schreibstil der meisten analysierten Broschüren zum Thema „erneuerbare Energien“ ist informativ und auf Verständlichkeit ausgerichtet. Fakten werden in leicht verständlichen Grafiken und übersichtlichen Tabellen dargestellt, Fotografien und grafisch hervorgehobene Texte stellen deutlich einen Schwerpunkt dar. Hierin gleichen sich die meisten Herausgeber, unabhängig von der Auflage und Reichweite der Broschüren. Bei verbraucherorientierten Broschüren ist der Text- und Faktenanteil erwartungsgemäß kleiner und die Abbildungsdichte (vor allem von Fotografien) höher als bei eher an ein Fachpublikum adressierten Broschüren.

Je nach Veröffentlichung fällt die Beschreibung der erneuerbaren Energien durchaus werbend-persuasiv aus. Durch die Nichtnennung möglicher negativer Aspekte erneuerbarer Energien wird somit ein stark positives Bild erzeugt (vgl. zum Beispiel *Der volle Durchblick in Sachen Erneuerbare Energien* der Agentur für Erneuerbare Energien (2008)). Explizit werbend wirkt auch der Informationsflyer der *Aktion Holzpellets*. Die Imagekampagne setzt auf leicht verständliche Informationen, die nah an der Erfahrungswelt der Verbraucher orientiert sind und zu einer Identifikation mit dem Leser beitragen sollen (zitierte Aussagen bestimmter Nutzer, Fotos mit Familien). Oftmals wird die Behandlung technischer Details nur exemplarisch aufgeführt.

### **Darstellung potenziell treibender Kräfte in Broschüren**

Bei der Untersuchung der Inhalte verschiedener Informationsbroschüren wurde ein Schwerpunkt auf die Betrachtung von Aspekten gelegt, welche die Wichtigkeit und die Konsequenzen des weiteren Ausbaus der regenerativen Energien verdeutlichen.

Der Punkt *Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz* wird in den Publikationen fast immer mit einbezogen. Dies gilt insbesondere für Broschüren, die der allgemeinen Information dienen sollen. *Umwelt und Klimaschutz* ist meistens der Hauptgrund für die Befürwortung der erneuerbaren Energien in den Broschüren, was sich auch darin äußert, dass

vielerorts die Einsparpotenziale in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermittelt werden, die durch neue Technologien möglich sind.

Auch das Thema *Energiesicherheit* wird in den meisten Veröffentlichungen behandelt. Dieses Motiv steht in engem Zusammenhang mit den begrenzten Reserven fossiler Energien im Gegensatz zu den unbeschränkten Potenzialen der erneuerbaren Energien. Auch geringere Abhängigkeiten von Erdöllieferungen aus wenigen Staaten wird als Argument teilweise mit behandelt. Dem Aspekt *Sicherheitspolitik* im Bezug auf Friedenssicherung kommt nur selten eine zentrale Bedeutung in allgemeinen Broschüren zu. Allerdings kann man gezielt zu diesem Thema beispielsweise über das BMU eine Studie mit dem Titel *Die sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien* erhalten, die in dessen Auftrag von dem Beratungsunternehmen *Adelphi Consult* und dem *Wuppertal Institut* durchgeführt wurde. In anderen Veröffentlichungen wird dieser Aspekt zumindest erwähnt (*Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung* (2008)).

Der *Beitrag zur regionalen Wertschöpfung*, der durch die Etablierung erneuerbarer Energien entsteht, wird besonders in Publikationen dargelegt, die sich an Entscheider auf kommunaler Ebene richten (*Erneuerbare Energien – Projekte in Kommunen* (2008)). Die *Armutsbekämpfung und ländliche Entwicklung* ist mitunter ein weiterer Aspekt dieses Themas. Die *Schaffung und Sicherung von Arbeits- und Ausbildungsplätzen* ist ein Leitgedanke, der hiermit in Zusammenhang steht und explizit in vielen Broschüren behandelt wird (beispielsweise *Umweltschutz schafft Perspektiven* (2008)).

Die Analyse der Broschüren hat gezeigt, dass viele der potenziell treibenden Kräfte in den Broschüren bereits genannt werden, allerdings mit einer unterschiedlichen Gewichtung der Themen. Dem Motiv *Innovationstreiber* kommt in Publikationen mit umfassenden Inhalten zu erneuerbaren Energien nur eine geringe Bedeutung zu, es wird mitunter zusammen mit dem Thema *globale technologische Impulse* abgehandelt. Der *Beitrag zur Gender Politik* spielte in den betrachteten Publikationen bisher keine Rolle.

### **5.3.2 Akteursbefragung zur Darstellung von erneuerbaren Energien in Deutschland (aus der Sicht relevanter Journalisten)**

Während das vorangegangene Kapitel einen Überblick über vorhandene Broschüren zum Thema erneuerbare Energien gibt und deren Inhalte widerspiegelt, geht es im folgenden Kapitel ergänzend um Erkenntnisse aus der Sicht von Journalisten: die Darstellung und Handhabung des Themas in den Medien. Die insgesamt 13 Journalisten wurden im Juni und Juli 2009 befragt, sie publizierten in der Vergangenheit regelmäßig zum Thema erneuerbare Energien. Die folgende Auflistung zeigt die Verlage, für die die Journalisten zum Zeitpunkt der Befragung tätig waren. Einige der Journalisten waren freie Mitarbeiter, daher konnten sie auch zu anderen Medienformen (z. B. Fernsehen und Hörfunk) eine Stellungnahme abgeben. Die Bandbreite der Medien reicht von überregionalen Tageszeitungen (z. B. *Financial Times Deutschland*) bis zu eher regio-

nal verbreiteten Zeitungen wie dem *Hamburger Abendblatt*. Zudem konnten vier Journalisten von Fachzeitschriften befragt werden.

- Tageszeitungen: Hamburger Abendblatt; Financial Times Deutschland; Stuttgarter Zeitung; Süddeutsche Zeitung; Tagesspiegel; taz; Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Westfälische Rundschau.
- Magazine: E&M Energie&Management; ET – Energiewirtschaftliche Tagesfragen; Neue Energie – New Energy; UMWELT kommunale ökologische Briefe.
- Fernseh- und Hörfunk: ZDF; Deutschlandradio.

Die Darstellung der Ergebnisse der Befragung erfolgt anhand der Fragestellungen, die den Journalisten vorlagen.

### **1. Welche globalen Ereignisse und Entwicklungen sind für den Ausbau erneuerbarer Energien (REG) verantwortlich?**

Als häufigstes globales Ereignis, welches die Journalisten als Treiber für den Ausbau der erneuerbaren Energie genannt haben, wurde der bereits weltweit spürbare Klimawandel benannt, der anhand zunehmender Katastrophen und steigender Umweltverschmutzungen deutlich wird (9 Nennungen). Ein weiterer wichtiger Aspekt war die steigende Rohstoffabhängigkeit von fossilen Energieträgern und die damit einhergehende Versorgungsunsicherheit sowie die hohen Preise für Energieträger (7 Nennungen). Aber auch Berichte, wie zum Beispiel der UN-Klimabericht, Berichte zum Kyoto-Protokoll und dem IPCC sowie der Stern-Bericht werden als stark treibende globale Ereignisse genannt (6 Nennungen).

### **2. Welche globalen Ereignisse und Entwicklungen können den Ausbau von REG hemmen?**

Eine klare Tendenz ging bei der Beantwortung dieser Frage in Richtung der fehlenden politischen Unterstützung, auf globaler Ebene bis hin zu den fehlenden Unterstützungsmechanismen auf regionaler Ebene (7 Nennungen). Weitere wichtige Hemmnisse sahen die befragten Journalisten in der noch immer vorherrschenden Monopolstellung der Energieversorger (Stichwort fehlender Netzausbau), der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise, der grundsätzlich fehlenden Akzeptanz und Wissensbasis auf breiter gesellschaftlicher Ebene sowie bei bestimmten Akteursgruppen (mit jeweils 4 Nennungen). Aber auch eine mögliche Laufzeitverlängerung der Atomkraftwerke sowie die Kosten, die für die Bereitstellung von erneuerbaren Technologien noch aufgewandt werden müssen, wurden als Hemmnisse genannt (je 3 Nennungen).

### **3. Welche politischen Handlungsfelder (z. B. Wirtschaft, Umwelt etc.) sind geeignet, um die Entwicklung der REG zu fördern?**

Die Ergebnisse dieser Frage verdeutlichen, dass eine Kombination aller politischen Handlungsfelder für notwendig gehalten wird, um die erneuerbaren Energien zu fördern (10 Nennungen). Besonders die Schnittstellen zwischen den Ressorts Umwelt, Wirt-

schaft, Recht und internationaler Politik wurden von den Befragten hervorgehoben. „Umwelt muss zur Chefsache erklärt werden“, so die Aussage eines Journalisten, die im Kern alle weiteren Aussagen traf. Grundsätzlich seien die Personen mit ihren jeweiligen Motiven verantwortlich für die Umsetzung und Förderung des Themas, unabhängig vom politischen Handlungsfeld. Die Aufgabe des Staates bestünde in der Übernahme des Netzausbaues, die staatliche Förderung müsse so lange erfolgen, bis die Wirtschaftlichkeit des REG Sektors unabhängig von Subventionen ist.

#### **4. Welche Kernaussage steht bei Ihrer Berichterstattung über REG im Vordergrund?**

Eine wesentliche Kernaussage bei der Berichterstattung des Themas ist laut Journalisten (6 Nennungen), dass die Implementierung der erneuerbaren Energietechnologien einen positiven wirtschaftlichen Effekt zur Folge hat. Mit dem Ausbau der REG können zum Beispiel Arbeitsplätze geschaffen sowie Chancen für Unternehmen generiert werden. Die Darstellung wirtschaftlicher Vorteile erfolgt in den Medien häufig in Verbindung mit den ökologischen Vorteilen (3 Nennungen), die mit dem Ausbau der REG einhergehen (z. B. Effekte für den Klimaschutz). Keiner der Befragten nannte eine Kernaussage, die den Ausbau erneuerbarer Energien als negativ bewertete, es kann also davon ausgegangen werden, dass die produzierten Kernaussagen der Befragten generell eine positive Grundhaltung der Berichterstattung zu REG-Themen vermitteln.

#### **5. Wie werden REG ihrer Meinung nach in den Medien / von den Medien am ehesten dargestellt?**

Acht der Journalisten waren der Meinung, dass die Darstellung der erneuerbaren Energien in den Medien grundsätzlich sehr positiv ist. Einige fanden die Darstellung in der Vergangenheit zu positiv, weil sie unkritisch oder oberflächlich sei (3 Nennungen), gerade eine solche Berichterstattung führe zu Skepsis in der breiten Bevölkerung, weil bei der Darstellung negative Aspekte offensichtlich von vornherein kategorisch ausgeblendet würden. Häufig stünden bestimmte Projekte und technische Aspekte im Vordergrund der Berichterstattung (3 Nennungen), andererseits würden REG-Technologien immer noch zu sehr als Ergänzungstechnologien zur klassischen Energieerzeugungstechniken diskutiert (4 Nennungen). Der Lobbyismus der Energiewirtschaft würde bis in die Berichterstattung der Medien hineinwirken. Grundsätzlich fehlte den Journalisten im Rahmen der Berichterstattung eine analytische und kritische Auseinandersetzung mit dem Thema REG, so wurde der Medien-Hype um das Projekt DESERTEC als Beispiel genannt. Hier wurde zunächst ausschließlich ein positives Bild durch die Medien erzeugt, bis Experten diese einseitige Diskussion auf eine neutralere, sachlichere Ebene führen konnten. Zudem wurde kritisiert, dass eine Lücke bei der internationalen Ausrichtung des Themas besteht, d. h. das Thema der erneuerbaren Energien würde kaum an den weltweiten politischen und wirtschaftlichen Ereignissen in diesem Bereich gespiegelt. Ebenso würden regional ausgerichtete Berichterstattungen häufig die Aspekte der regionalen Wertschöpfung vernachlässigen, so dass den Le-

fern nicht deutlich würde, dass durch den Ausbau der REG grundsätzlich eine regionale Wertschöpfung möglich ist.

#### **6. Wer übernimmt den Großteil der Berichterstattung zum Thema REG?**

Den Großteil der Berichterstattung übernehmen die überregionalen Tageszeitungen, da sie laut Expertenaussagen die Komplexität des Themas der erneuerbaren Energien am ehesten aufgreifen und darstellen können (7 Nennungen). Die Mehrheit der Befragten ist der Meinung, dass diese Printmedien, meistens aus den Ressorts Wirtschaft und Politik, im Vergleich zu anderen Medienarten die hochwertigste Berichterstattung leisten. Vier der befragten Journalisten sind der Meinung, dass inzwischen alle Medienarten zu gleichen Teilen die Berichterstattung übernehmen. Die Inhalte der Berichte variieren mit dem Medium, so wurde geäußert, dass die Boulevard-Presse und private Fernsehanstalten eher brisante und spektakuläre Themen aufgreifen, wie zum Beispiel das Thema DESERTEC, (d. h. diese Medien nutzen eher punktuelle Berichterstattungen), wobei öffentlich-rechtliche Sender um informative, ausgewogene und kontinuierliche Meldungen bemüht sind. Die Berichterstattung im Internet sei eher auf Masse als auf Qualität ausgerichtet.

#### **7. Auf welche Zielgruppen sind die Berichterstattungen zum Thema REG überwiegend ausgerichtet (Adressaten)?**

Eine wesentliche Zielgruppe stellen die Verbraucher, Konsumenten und die interessierten Leser dar (7 Nennungen). Für diese Zielgruppe hat die Berichterstattung einen sogenannten Service-Charakter, wobei kritisiert wird, dass die aufbereiteten Informationen noch zu sehr auf einer Metaebene präsentiert werden, der Zugang zu den konkreten Handlungsmöglichkeiten, die die erneuerbaren Energietechnologien auch im privaten Bereich bieten, würde oftmals fehlen und somit auch eine Identifikation mit dem Thema. Neben dieser Zielgruppe existiert noch eine „verborgene Zielgruppe“, die aus Managern, Wirtschaftsexperten, Kommanditisten, Investoren und Unternehmern besteht. Oftmals sind diese Personen ebenfalls Informationsquelle der Journalisten, so dass die Berichterstattung in ihrer Tendenz auch die Informationen der Quelle widerspiegelt. Innerhalb dieser verborgenen Zielgruppe soll die Berichterstattung grundsätzlich dafür sorgen, dass bestimmte Themen sensibler wahrgenommen werden, so gehören zum Beispiel auch politische Akteure zu dieser Zielgruppe. Bei der Frage nach der Zielgruppe wurde deutlich, dass die Wahl der Zielgruppe auch mit dem Medium selbst korrespondieren muss. So bestand ein Konsens darüber, dass detaillierte Fachartikel nicht an eine breite Öffentlichkeit adressiert werden.

#### **8. Sind Sie der Meinung, dass die gesamte Bandbreite potenziell treibender Kräfte regenerativer Energietechnologien in den Medien aufgeführt wird?**

Nur wenige Journalisten waren der Meinung, dass die Darstellung der gesamten Bandbreite der treibenden Kräfte in den Medien lückenhaft sei (3 Nennungen). Jedoch wurde deutlich, dass bei der Darstellung der treibenden Kräfte eine ungleiche Gewich-

tung erfolgt (7 Nennungen), so würden zum Beispiel Stimmen von Umwelt-NGOs nur selten in die Berichterstattung eingebunden, oftmals würden Personen aus Politik und Wirtschaft zitiert, die eine geringere Glaubwürdigkeit als andere Akteursgruppen in der breiten Bevölkerung aufweisen. Zudem würden Berichte zu praktischen Beispielen von Anwendern und engagierten Menschen zu selten veröffentlicht. Themen, die für wichtige Treiber relevant seien, wie z. B. Informationen für Fondsmanager, würden noch zu selten zielgruppenspezifisch aufbereitet. Treibende Faktoren, die häufig genannt werden, sind die wirtschaftlichen Vorteile, die durch den Ausbau der REG generiert werden können (z. B. Zuwachs von Arbeitsplätzen), die Sicherung der Energieversorgung sowie die Entwicklungen von technischen Innovationen. Neben den treibenden Faktoren fehlt laut Aussagen der Experten aber auch die Darstellung von Hemmnissen, die den Ausbau der erneuerbaren Energietechnologien behindern. So wird der Lobbyismus der großen Energieversorger nur wenig thematisiert.

### **9. Wie ist die Bewertung aller Beiträge in Richtung Verankerung erneuerbarer Energien einzuschätzen?**

Eine überwiegende Mehrheit der Journalisten war sich einig, dass die bisherige Berichterstattung zu einer Verankerung des Themas in der breiten Bevölkerung geführt hat. Sechs der Befragten bewerteten die Akzeptanz in diesem Zusammenhang als gegeben, das Thema sei populär, die Dimensionen und die Relevanz des Ausbaus seien erkannt und es bestünde ein Konsens darüber, dass der Ausbau als möglicher Energiepfad nun angegangen werden müsse. Das Image, dass REG nur eine Nischentechnologie sei, ist überwunden und die meisten würden Basiskenntnisse aufweisen, zumindest müsse nicht mehr erläutert werden, was sich hinter der Begrifflichkeit erneuerbare Energie verberge. Die weitere Verankerung würde jedoch über den Preis erfolgen. Um die Verbrauchs- und Nutzungsgewohnheiten der breiten Bevölkerung zu ändern, müssen die Preise für Energie aus erneuerbaren Quellen oder für die Produkte dieser Sparte vergleichbar mit Preisen von Referenztechnologien sein.

Im Anschluss an eine Befragung ergab sich mit einem Journalisten ein offenes Gespräch zur Fragestellung, wie man in der breiten Bevölkerung Meinungen generieren kann, die stabil und konsistent sind. Solche Meinungen sind vor allem für die weitere Entwicklung der Akzeptanz von besonderer Bedeutung; auch die Wahrscheinlichkeit für die korrekte Vorhersage und Entwicklung der zukünftigen Akzeptanz erhöht sich, wenn die vorherrschenden Meinungen auf einem bestimmten Wissensniveau generiert wurden. Durchdachte und wohlüberlegte Meinungen variieren seltener als solche Meinungen, die auf wenig Wissen sowie auf einer eher emotionalen Verarbeitungsebene entstanden sind. Der Journalist erklärte, dass durch eine konsequente Öffentlichkeitsarbeit auf allen Ebenen die Kenntnisse und die Wissenszufuhr gesteigert werden müsse. Ziel sei es, die erneuerbaren Energietechnologien einfach und anschaulich für alle zu beschreiben, vor allem müssen die einzelnen Interessenlagen aller beteiligten Akteure offengelegt werden. Diese Informationsvermittlung sei besonders dort von Wich-

tigkeit, wo der sogenannte Nimby (**Not in my backyard**)-Effekt vorliege. Das heißt, dass vor allem dort, wo Personen sich nicht wirklich vorstellen können, mit welchen Konsequenzen der Ausbau einer neuen Technologie für sie verbunden ist, der Informationsvermittlung und Öffentlichkeitsarbeit ein besonders hoher Stellenwert eingeräumt werden muss. Visionen, wie zum Beispiel das DESERTEC-Projekt, produzieren keine wirklichkeitsnahen Bilder, aus denen sich stabile Meinungen entwickeln. Die Aussagen des Journalisten decken sich mit aktuellen Ergebnissen der Meinungsforschung zu anderen Energietechnologieoptionen (z. B. CCS)<sup>147</sup>. Die Ergebnisse der Journalistenbefragung werden im folgenden Kapitel noch einmal zusammenfassend in einer Tabelle abgebildet (vgl. Tab. 5-2).

### 5.3.3 Optionen zur Berichterstattung für die lang- und kurzfristige Entwicklung erneuerbarer Energien

Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse und der Journalistenbefragung liefern zusammenfassend Aufschlüsse über die zu Beginn des Kapitels gestellten Fragen, die hier im Folgenden noch einmal aufgegriffen werden. Die Beantwortung dieser Fragen liefert Erkenntnisse über die zukünftige Gestaltung und Aufbereitung von Informationen zum Thema erneuerbare Energien. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick.

Tab. 5-2. Berichterstattung zu REG-Themen

Wie werden REG dargestellt?	Grundtendenz zu erneuerbaren Energien ist in allen Broschüren und Medien positiv bis sehr positiv.
Von wem werden REG dargestellt?	Die Darstellung erfolgt vor allem von den Ministerien und von den Medien. Andere Berichtersteller (Akteure aus der Wirtschaft, von NGOs, von Kirchen und Verbänden) bereiten nur selten umfassende und ausgewogene Informationen zum Thema auf.
Welche Zielgruppe wurde angesprochen?	Die meisten Informationen informieren eine „interessierte“ Öffentlichkeit. Es gibt spezielle Informationen für Kommunen, Verbraucher und Konsumenten (z. B. Bauherren und Hausbesitzer) sowie Schüler.
Bandbreite der REG Themen.	Das Spektrum der aufbereiteten Themen ist sehr breit, meist werden technische, wirtschaftliche und klima- sowie umweltrelevante Informationen über erneuerbare Energie behandelt. Themen wie Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit von fossilen

<sup>147</sup> Vgl. De Best-Waldhober et al. 2006.

	<p>Energieträgern nehmen einen immer größeren Stellenwert ein.</p> <p>Informationen zu staatlich geförderten Energieprogrammen werden verbraucherspezifisch aufbereitet.</p>
Verankerung des Themas REG.	<p>Eine überwiegende Mehrheit der breiten Öffentlichkeit weiß, was sich hinter dem Begriff der erneuerbaren Energien verbirgt.</p> <p>Die Notwendigkeit des weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien wurde durch die bisherige Berichterstattung erkannt.</p>

Aus der bisherigen Berichterstattung und den Meinungen der Journalisten lassen sich nun abschließend folgende Vorschläge für eine zukünftige Darstellung der REG ableiten. Die zukünftige Berichterstattung

- sollte eine systemischere Auseinandersetzung mit dem Thema (Einordnung und Bezug zu übergeordneten Themen) zulassen,
- sollte eher von Personen mit einer hohen Glaubwürdigkeit erfolgen, z. B. können mehr Stimmen von Umwelt NGO in die Berichterstattung eingebunden werden,
- sollte nicht nur positive sondern auch kritischere Aspekte diskutieren, um die Glaubwürdigkeit der Inhalte und der Themen in der breiten Bevölkerung zu erhöhen,
- sollte die Interessenlagen aller beteiligten Akteure offen legen, um eine differenziertere Auseinandersetzung mit dem Thema voranzutreiben,
- sollte aussagekräftige Informationen für Akteursgruppen bereitstellen, die zu den sogenannten Entscheidungsträgern gehören: Manager, Wirtschaftsexperten, Kommanditisten, Investoren und Unternehmer,
- muss Personen informieren, die in Zukunft mit erneuerbaren Energietechnologien in ihrer unmittelbaren Umgebung konfrontiert werden. Solche Personen müssen frühzeitig und umfassend benachrichtigt werden,
- sollte einen Bezug zur direkten Erfahrungswelt bestimmter gesellschaftlicher Gruppen herstellen (z. B. „Wie können Mietergruppen erneuerbare Energien nutzen?“),
- muss den konkreten Zugang und Nutzen zum Thema stärker verdeutlichen.

## 6 Erstellen einer verbreitungsfähige Broschüre für ausgewählte Zielgruppen

Vor dem Hintergrund der in den vorangegangenen Arbeitsfeldern durchgeführten Analysen wurde beispielhaft eine Broschüre aufbereitet, um einen zielorientierten Beitrag zur weiteren Verankerung der erneuerbaren Energien zu leisten.

Die entwickelte Broschüre wird als systematische Erweiterung bisher vom BMU bereitgestellter Informationen über erneuerbare Energien (z. B. Broschüre *Erneuerbare Energien – Innovationen für die Zukunft*) verstanden. Die Auswahl des Themas erfolgte in enger Abstimmung mit dem BMU, im Vorfeld der Erstellung der Broschüre haben Fachgespräche mit Experten stattgefunden, deren Ergebnisse in die Broschüre mit eingeflossen sind. Für die Wahl des Themas „Hemmnis Atomkraft“ gab es mehrere bestimmende Gründe. Zum einen schließt die Broschüre eine thematische Lücke in der bisherigen Berichterstattung, d. h. die beiden Energieerzeugungstechnologien (Atomkraftwerke und REG-Technologien) wurden bislang noch nicht systemvergleichend und in Form einer Broschüre für die interessierte Öffentlichkeit aufgearbeitet. Zum anderen forderten die Journalisten eine systemischere Auseinandersetzung mit dem Thema erneuerbare Energien (vgl. Kapitel 5.3.2). Die Darstellung dieser beiden unterschiedlichen Energieerzeugungstechnologien ist ein erster Schritt in diese Richtung. Durch eine Laufzeitverlängerung für Atomkraftwerke entstehen Folgeeffekte auch für die weitere Entwicklung von erneuerbaren Energietechnologien. Durch das Aufzeigen dieser Effekte können die Leser den Verlauf des gesamten (politischen) Prozesses besser einordnen und in einen übergeordneten Kontext stellen. Auf der Grundlage dieser Informationen erfolgt auch eine kritischere Auseinandersetzung mit dem Thema. Zudem stellt die Broschüre aussagekräftige Informationen für die Akteursgruppe der Politiker zur Verfügung. Es werden Antworten zu wichtigen Fragen bezüglich des gesamten Energiemixes der Zukunft diskutiert. So wird deutlich, dass eine Laufzeitverlängerung der dt. Atomkraftwerke einen negativen Effekt auf den Ausbau der REG-Technologien haben wird. Mit der vorliegenden Broschüre wird also auch eine Information für sogenannte Entscheidungsträger angeboten.

Die Broschüre *Hemmnis Atomkraft* ist ein praktisches Beispiel, wie die Berichterstattung in Zukunft bezüglich erneuerbarer Energietechnologien gestaltet werden kann, um die Meinungsbildung zum Ausbau der REG-Technologien zielgerichtet voranzutreiben.

Die Broschüre ist erhältlich auf der Homepage des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: [www.bmu.de](http://www.bmu.de).

## 7 Literaturverzeichnis

- AA (2009): G8 – Gruppe der Acht. Auswärtiges Amt. Verfügbar unter: [www.auswaertigesamt.de](http://www.auswaertigesamt.de). Zugriff am 05.11.2009.
- ADB (2007): Energy Policy Review, by Bruce Murray, General Director Operations Evaluations Department at the Annual Meeting. Asian Development Bank, May 2007. Verfügbar unter: [www.adb.org](http://www.adb.org). Zugriff am 05.11.2009.
- ADB (2009a): About ADB. Asian Development Bank. Verfügbar unter: [www.adb.org](http://www.adb.org). Zugriff am 05.11.2009.
- ADB (2009b): ADB's Clean Energy Program. Asian Development Bank. Verfügbar unter: [www.adb.org](http://www.adb.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Adelphi Research/Wuppertal Institut (2006): Sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien. Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- Agentur für Erneuerbare Energie (2008). Verfügbar unter: [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Agentur für Erneuerbare Energien (2008): Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen. Erfolgreiche Planung und Umsetzung. 2. überarbeitete Auflage 2008. Berlin.
- Agentur für Erneuerbare Energien (2008b): Der volle Durchblick in Sachen Erneuerbare Energien. Daten & Fakten zu den wichtigsten Energiequellen der Zukunft. Berlin.
- Angerer, G.; Marscheider-Weidemann, F.; Lüllmann, A.; Erdmann, L.; Scharp, M.; Handke, V.; Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Stuttgart.
- APP (2009): About the Asia-Pacific Partnership on Clean Development & Climate. Asia-Pacific Partnership on Clean Development & Climate. Verfügbar unter: [www.asiapacificpartnership.org](http://www.asiapacificpartnership.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Bamford, C. (1977): Colour Generation and Control in Glass. Elsevier, Amsterdam/Oxford/New York.
- Baur, F.; Bemmann, U.; Müller, N.; Ziegler, C.; Fritsche, U.; Effinger, A.; Hünecke, K.; Rausch, L.; Thrän, D.; Langheinrich, C.; Lenz, V.; Scholwin, F.; Schneider, S.; Witt, J.; Wosik, M.; Hiebel, M.; Krassowski, J.; Stahl, E.; Heck, P.; Hoffmann, D.; Gebhardt, R.; Wern, B. (2007): Strategien zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse in ausgewählten Modellregionen. Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH -IZES-, Saarbrücken/Öko-Institut e.V., Freiburg/Institut für Energetik und Umwelt gGmbH -IE-, Leipzig/Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik -UMSICHT-, Oberhausen/Institut für Angewandtes Stoffstrommanagement -IFAS-, Birkenfeld.
- BBR (2005): Raumordnungsbericht 2005. In: Berichte, Band 21. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. 2005. Bonn.
- Beise, M. (1999): Lead Markets and the International Allocation of R & D. Paper prepared for the 5. ASEAT Conference "Demand, Markets, Users and Innovation: Sociological and Economic Approaches". 14.-16.09.1999. Manchester.
- BFAI (2007): VR China setzt auf erneuerbare Energien. "Green Power" dient Umweltzielen, heimischem Technologieaufbau und nationaler Energieautonomie. Bundesamt für Außenwirtschaft. 25.05.2008. Datenbank Länder und Märkte.

- Biehler, H.; Joachim G.; Manfred S.; Detlev S. (2001): Regionale Netzwerke und regionaler Arbeitsmarkt: kumulative Prozesse zirkulärer Verursachung? Am Beispiel des Fahrzeugbaus und der Medienwirtschaft in der Region München, Studie – Endbericht. Ingolstadt.
- BMAS (2007): Statistisches Taschenbuch 2007 – Arbeits- und Sozialstatistik. Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- BMBF (2006a): Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2006. Berlin/Bonn.
- BMBF (2006b): Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2006 – Zentrale Aussagen der Bundesregierung.
- BMBF (2006c): Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Bundesministerium für Bildung und Forschung in Zusammenarbeit mit BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung). Berlin.
- BMBF (2007): Neue Impulse für Innovation und Wachstum – Das Sechs-Milliarden-Euro-Programm für Forschung und Entwicklung. Verfügbar unter: [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de). Zugriff am 18.06.2007.
- BMBF (2008a): Homepage des BMBF. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Verfügbar unter: [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de). Zugriff am 05.11.2009. Berlin.
- BMBF (2008b): Die High-Tech Strategie für Deutschland. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Verfügbar unter: [www.hightech-strategie.de](http://www.hightech-strategie.de). Zugriff am 05.11.2009. Berlin.
- BMU (2005): Umweltpolitik. Der globale Ausbau der erneuerbaren Energien – die internationalen institutionellen Rahmenbedingungen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2006): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage: Reihe Umweltpolitik. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Paderborn.
- BMU (2006a): Innovation durch Forschung. Jahresbericht 2006 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2006b): Ökologische Industriepolitik. Memorandum für einen "New Deal" von Wirtschaft Umwelt und Beschäftigung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2006c): Erneuerbare Energien. Innovationen für die Zukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2007): Sicherheitspolitische Bedeutung erneuerbarer Energien. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2007a): Renewable Energy and the CDM-Mechanism. Potential, barriers and ways forward. A guide for policy-makers. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2007a): Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stand 12. Januar 2007. Verfügbar unter: [www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de). Zugriff am 26.06.2007.
- BMU (2007b): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

- BMU (2007b): Wirtschaftsförderung durch Erneuerbare Energien – Was bringt uns das? Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2008): Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stand Juni 2008. Berlin.
- BMU (2008a): Umweltbewusstsein in Deutschland 2008. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage: Reihe Umweltpolitik. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2008b): Fördergeld 2008 für Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Programme, Ansprechpartner, Adressen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Zusammenarbeit mit BINE Informationsdienst. Berlin/Bonn.
- BMU (2008c): Umweltschutz schafft Perspektiven. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2009): Strom aus Erneuerbaren Energien. Was kostet uns das? Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2009a): Ein Meilenstein für eine zukunftsfähige Energieversorgung - Heute wird die Internationale Agentur für erneuerbare Energien in Bonn gegründet. Pressemitteilung Nr. 023/09. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.
- BMU (2009b): Die internationale Klimaschutz-Initiative der Bundesrepublik Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Verfügbar unter: [www.bmu.de](http://www.bmu.de). Zugriff am 05.11.2009.
- BMWi (2007): Homepage des BMWi. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Verfügbar unter: <http://www.bmwi.de>. Berlin.
- BMWi (2008): Industrie und Umwelt. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Unterabteilung IV B. Verfügbar unter: [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de). Zugriff am 17.10.2008.
- BMWi (2009): Kennziffern des Energieverbrauchs. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Stand 23.02.2009.
- BMZ (2003): Förderung der Nutzung Regenerativer Energieträger in der Entwicklungszusammenarbeit. Kurzstellungnahme des wissenschaftlichen Beirats beim BMZ. Bundesministerium für Entwicklungszusammenarbeit. Bonn.
- BMZ (2006): Erneuerbare Energien in der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. BMZ Materialien No 158. Bundesministerium für Entwicklungszusammenarbeit. Bonn.
- BMZ (2007): BMZ Konzepte 145, Sektorkonzept Nachhaltige Energie für Entwicklung, Strategiepapier des BMZ. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung.
- BMZ (2008a): Im Detail: Zahlen und Fakten der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit. Verfügbar unter: [www.bmz.de](http://www.bmz.de). Zugriff am 28.10.2008. Bonn.
- BMZ (2008b): Homepage des BMZ. Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit. Verfügbar unter: [www.bmz.de](http://www.bmz.de). Zugriff am 05.11.2009. Bonn.
- BMZ (2009): Nachhaltige Energie für Entwicklung. Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Verfügbar unter: [www.bmz.de](http://www.bmz.de). Zugriff am 05.11.2009.

- BMZ (2009): Wieczorek-Zeul bei der Frühjahrstagung der Weltbank in Washington. Bundesministerium für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Verfügbar unter: [www.bmz.de](http://www.bmz.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Bonfadelli, H. (2000): Medienwirkungsforschung II: Anwendungen in Politik, Wirtschaft und Kultur. Hrsg. Heinz Bonfadelli. UVK Medien. Konstanz.
- BPB (2006): Dossiers Globalisierung (2006). Bundeszentrale für politische Bildung. Verfügbar unter: [www.bpb.de](http://www.bpb.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Brooks, W. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Arsenic [advance release], U.S. Geological Survey.
- Brouns, B. et. al. (2007): Promoting Renewable Energy Technologies in Developing Countries through the Clean Development Mechanism. UBA (Umweltbundesamt). Climate Change 15-07. Dessau.
- BSW (2007): Statistische Zahlen der deutschen Solarwirtschaft. Bundesverband Solarwirtschaft. Stand März 2007. Verfügbar unter: [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de). Zugriff 05.11.2009.
- BSW (2007b): Hintergrundpapier zur Intersolar 2007. Aktuelle Branchentrends Solarwirtschaft. Bundesverband Solarwirtschaft. Berlin.
- BSW (2008a): Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik). Bundesverband Solarwirtschaft. Stand August 2008. Berlin.
- BSW (2008b): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solathermie). Bundesverband Solarwirtschaft. Stand Februar 2008. Berlin.
- Butterman, W. C.; Carlin, J. F. Jr. (2004): Mineral Commodity Profiles – Antimony, Open-File Report 03-019.
- Butterman, W.; Brown, R. (2004): Mineral Commodity Profiles – Selenium, Open-File Report 03-018, U.S. Geological Survey.
- Butterman, W.; Jorgenson, J. (2005): Mineral Commodity Profiles – Germanium, Open-File Report 2004-1218, U.S. Geological Survey. Reston, Virginia.
- BWE (2005): Hintergrund Windenergie. Bundesverband Windenergie e.V. Verfügbar unter: [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de). Zugriff am 05.11.2009.
- BWE (2007): Homepage und Hintergrundinformationen. Datenblatt Windenergie BWE. Bundesverband Windenergie e.V. Verfügbar unter: [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de). Zugriff am 05.11.2009.
- BWE (2008): Leistung und Umsätze der Deutschen Windindustrie. Bundesverband Windindustrie. Stand 22.04.2008.
- Carlin, J. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Antimony [advance release], U.S. Geological Survey.
- Cecelski, E. (2000): Enabling equitable access to rural electrification: current thinking and major activities in energy, poverty and gender, Briefing Paper prepared for the Asia Alternative Energy Policy and Project Development Report. Emphasis on Poverty Alleviation and Women. World Bank. Washington.
- Chemikalien-Verbotsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. Juni 2003 (BGBl. I S. 867), die zuletzt durch die Verordnung vom 21. Juli 2008 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

- Clancy, J.; Oparochoa, S.; Roehr, U. (2004): Gender Equity and Renewable Energies, Thematic Background Paper for the International Conference for Renewable Energies. Secretariat of the International Conference for Renewable Energy. Bonn.
- Clancy, J.; Skutsch, M.; Batchelor, S. (2003): The gender-energy-poverty nexus: Finding the energy to address gender concerns in development (Project No. CNTR998521). UK Department for International Development. DFID. London.
- DBU (2003): Kirchengemeinden für die Sonnenenergie. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Osnabrück.
- De Best-Waldhober, M.; Daamen, D.; Faaij, A. (2006): Public perceptions and preferences regarding large scale implementation of six CO<sub>2</sub> capture and storage technologies. Well-informed and well-considered opinions versus uninformed pseudo-opinions of the Dutch public. Leiden University. Leiden.
- DENA (2005): Bericht der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) über die Bestandsaufnahme und den Handlungsbedarf bei der Förderung des Exportes Erneuerbare-Energien-Technologien 2003/2004: Unterrichtung durch die Bundesregierung. Deutsche Energie Agentur. Berlin.
- DENA (2008): dena-Förderübersicht EU-27 REG Wärme. Deutsche Energie Agentur. 2008. Berlin.
- Deutsch, M. et. al. (2009): Renaissance der Kernenergie? – Analyse der Bedingungen für den weltweiten Ausbau der Kernenergie gemäß den Plänen der Nuklearindustrie und den verschiedenen Szenarien der Nuklearenergieagentur der OECD. Verfügbar unter: [www.prognos.com](http://www.prognos.com). Stand 10.11.2009. Zugriff am 05.11.2009.
- Deutscher Bundestag (2000): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz) und die Begründung (EEG).
- Deutscher Bundestag (2004): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz). Stand 01.07.2004.
- Deutscher Bundestag (2005): Drucksache 15/5938. Unterrichtung durch die Bundesregierung: Bericht der Deutschen Energie Agentur GmbH (dena) über die Bestandsaufnahme und den Handlungsbedarf bei der Förderung des Exportes Erneuerbare-Energien-Technologien. Stand 22.07.2005. Berlin.
- Deutscher Bundestag (2008): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (EEG). Entwurf 2008.
- Diekmann, J.; Leprich, U.; Ziesing, H. (2007): Regulierung der Stromnetze in Deutschland: Ökonomische Anreize für Effizienz und Qualität einer zukunftsfähigen Netzinfrastruktur. Hans-Böckler-Stiftung. Berlin.
- DIN (2000): Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung. Der Zusammenhang zwischen Normung und technischem Wandel, ihr Einfluß auf den Außenhandel und die Gesamtwirtschaft. Deutsches Institut für Normung e.V. Beuth Verlag. Berlin/Wien/Zürich.
- DIN (2007): Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten - Allgemeine Begriffe (ISO/IEC Guide 2:2004). Deutsches Institut für Normung e.V. Verfügbar unter: [www.beuth.de](http://www.beuth.de). Zugriff am: 21.10.2008. Berlin/Wien/Zürich.
- DIW/DLR/GWS/ZSW (2006): Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Stuttgart/Berlin/Osnabrück.

- DLR/ISI/ZSW (2002): Struktur und Entwicklung der künftigen Stromversorgung Baden-Württembergs. Stuttgart/Karlsruhe.
- DPA (2005): Pressemitteilung vom 16.12.2005. Solarworld will Umsatz bis Ende der Dekade mehr als verdreifachen. Deutsche Presseagentur, AFX. Bonn.
- Dutta, S. (2005): Energy as a key variable in eradicating extreme poverty and hunger: A gender and energy perspective on empirical evidence on MDG#1, Discussion Paper. DfID/ENERGIA. Noida.
- Econsense/Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft (2008): E.ON setzt auf Erneuerbare Energien und CO<sub>2</sub>-freie Stromerzeugung. Verfügbar unter: [www.econsense.de](http://www.econsense.de). Zugriff unter 05.11.2009.
- Econsense/Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft (2007): Unternehmen Klimaschutz – Auf erfolgreichen Pfaden?, Diskussionsbeitrag von econsense zum Klimaschutz. Verfügbar unter: [www.econsense.de](http://www.econsense.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Ecosecurities/UNEP Risoe (2007): Guidebook to Financing CDM Projects. Verfügbar unter: [www.cd4cdm.org](http://www.cd4cdm.org). Zugriff am 05.11.2009.
- EEA (2005): Climate change and a European low-carbon energy system. European Environment Agency. EEA-report 1/2005. Copenhagen.
- EEG (2000): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien vom 29. März 2000. Geänderte Fassung vom 22.12.2003. BGB I.
- EEG (2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil Nr. 40. Außerdem: Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien vom 21.07.2004. Geänderte Fassung vom 7.11.2006. BGB I. 31. Juli 2004. Bonn.
- EEG (2009): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien vom 28.10.2008. BGB I.
- EIF (2009): Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund (GEEREF), European Investment Fund. Verfügbar unter: [www.eif.org](http://www.eif.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Energia (2007): Where Energy is Women's Business: National and Regional Reports from Africa, Asia, Latin America and the Pacific. Verfügbar unter: [www.energia.org](http://www.energia.org). Zugriff am 05.11.2009.
- ENERGIA/DfID (2006): From the Millennium Development Goals Towards a Gender-sensitive Energy Policy Research and Practice: Empirical Evidence and Case Studies, Synthesis Report, ENERGIA/DfID Collaborative Research Group on Gender and Energy (CRGGE). Verfügbar unter: [www.energia.org](http://www.energia.org). Zugriff am 05.11.2009.
- EREC/Greenpeace (2008): energy [r]evolution - A Sustainable Global Energy Outlook. European Renewable Energy Council. Verfügbar unter: [www.energyblueprint.info](http://www.energyblueprint.info). Stand: 10.11.2009. Zugriff 10.11.2009.
- Ernst&Young (2005): Photovoltaik in Deutschland. Marktstudie 2005 – Entwicklungen und Trends. Ernst & Young, Transaction Advisory Services. München.
- Ernst&Young (2006): TransAction Erneuerbare Energien. Marktüberblick und M&A-Aktivitäten 2001-2006. Ernst & Young, Transaction Advisory Services. Berlin.
- EU (2009): Europa – das Portal der Europäischen Union. Europäische Union.
- EU (2009b): Die Klimapolitik der EU. Europäische Union. Verfügbar unter: [www.euractiv.com](http://www.euractiv.com). Zugriff am 05.11.2009.

- EU (2009c): Europa – das Portal der Europäischen Union: Energie. Europäische Union. Verfügbar unter: europa.eu. Zugriff am 05.11.2009.
- EU (2009d): EU-Politik für erneuerbare Energien. Europäische Union. Verfügbar unter: www.euractiv.com. Zugriff am 05.11.2009.
- EU Scadplus (2003): Innovation und Lissabon-Strategie. Verfügbar unter: www.europa.eu. Stand 13.05.2003. Zugriff am 18.06.2007.
- Euroserv'er (2004): Photovoltaic Energy Barometer. Systèmes Solaire No 160.
- Euroserv'er (2006): Photovoltaic Energy Barometer. Systèmes Solaire No 172.
- Europäisches Parlament (2006): Security of Energy Supply. Studie erstellt im Auftrag des Europäischen Parlaments, durchgeführt vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- EUtech, Greenpeace (2005): 2000 Megawatt – sauber! Greenpeace (Hrsg.). Hamburg.
- Ewi, Prognos (2005): Energie Report IV. Energiewissenschaftliches Institut, Prognos. Köln.
- EWI/Prognos (2005): Energiereport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose – Schlussbericht. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln und Prognos AG. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (Berlin). 2005. Köln/Basel.
- Fanderlik, I. (1993): Optical Properties of Glass, Elsevier. Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo.
- FFU (2000): Jänicke, M., Ökologische Modernisierung als Innovation und Diffusion in Politik und Technik: Möglichkeiten und Grenzen eines Konzepts. FFU-Report 00-01. Forschungsstelle für Umweltpolitik. Berlin.
- Fischedick, M. et. al. (2004): Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen. Analyse und Bewertung von Zukunftstechnologien, deren Auswirkungen auf die Wirtschaftsstruktur und Ableitung technologiepolitischer Handlungsempfehlungen. Wuppertal.
- Fluck, E.; Heumann, K. (1999): Periodensystem der Elemente. Wiley-VCH Verlag.
- FORRES (2005): FORRES 2020: Analysis of the renewable energy sources' evolution up to 2020. Karlsruhe.
- FR (2007): Milliardenengeschäfte mit China. Artikel vom 27.11.2007. Frankfurter Rundschau. Verfügbar unter: www.frankfurter-rundschau-online.de. Zugriff am 05.11.2009.
- Fronde, M; Grösche, P.; Huchtermann, D.; Oberheitmann, A.; Peters, J.; Vance, C.; Angerer, G.; Sartorius, C.; Buchholz, P.; Röhling, S.; Wagner, M. (2007): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen. RWI Essen/ISI/BGR.
- Fuchs-Heinritz, W. (Hrsg.) (1994): Lexikon zur Soziologie. 3. Auflage. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- Fügemann, F. (2007): Ökostrom-Branche startet Feldzug gegen Atomkraftlobby. Atommeiler Olkiluoto soll Regenerative Energien benachteiligen. Presstext. 30.05.2007. Wien.
- FZJ (2006): Die Energieforschungspolitik Japans. Projektträger Jülich. Forschungszentrum Jülich.
- Gabler (2000): Gabler Wirtschaftslexikon. 15. Auflg. Wiesbaden.
- Gambogi, J. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Zirconium and Hafnium [advance release]. U.S. Geological Survey.

- GEF (2007): Focal Area Strategies and Strategic Programming for GEF-4, GEF/C.31/10. Global Environment Facility. Verfügbar unter: [www.gefweb.org](http://www.gefweb.org). Stand: 11.05.2007. Zugriff am 05.11.2009.
- GEF (2009a): Future Strategic Programming of the GEF, GEF/R.5/7/Rev.1, S. 6. Global Environment Facility. Verfügbar unter: [www.gefweb.org](http://www.gefweb.org). Zugriff am 05.11.2009.
- George, M. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Selenium and Tellurium [advance release]. U.S. Geological Survey.
- Germanwatch (2007): Die Millenniumsentwicklungsziele und der globale Klimawandel. Bonn.
- Gonsalves, J. (2006): An Assessment of Projects on the Clean Development Mechanism (CDM) in India, UNCTAD, United Nations Conference on Trade and Development. UNCTAD. Genf.
- Gothé, D.; Hahne, U. (2005): Regionale Wertschöpfung durch Holzcluster - Gezeigt an Best-Practice-Beispielen regionaler Holz-Cluster aus den Bereichen Holzenergie, Holzhaus- und Holzmöbelbau, Wald-Arbeitspapier Nr. 14. Institut für Forstbenutzung und forstliche Arbeitswissenschaft. Freiburg.
- Greber, J. (1989): Gallium and Gallium Compounds in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol. A12, S. 163-167. Weinheim/Basel/Cambridge/New York.
- Greenpeace (2002): Sustainable Energy for Poverty Reduction. An Action Plan. London.
- GTZ (2009): Ländliche Entwicklung. Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Verfügbar unter: [www.gtz.de](http://www.gtz.de). Stand August 2009. Zugriff am 30.10.2009.
- Guberman, D. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Germanium [advance release]. U.S. Geological Survey.
- Haas, R.; Kranzl, L. (2002): Analyse der volkswirtschaftlichen Bedeutung der energetischen Nutzung von Biomasse für Heizzwecke. Wien.
- Hahne, U. (2006): Wertschöpfungsketten - neu entdeckt. LEADERforum 3.2006, S. 34-35.
- Hasse, J. (2003): Der Einfluss von Windkraftanlagen auf den Verkehrswert bebauter Wohngrundstücke.
- Hedrick, James B. (2008): 2006 Minerals Yearbook - Rare Earths. U.S. Geological Survey.
- Hennicke, P.; Borbonus, S.; Woerlen, C. (2007): The GEF's interventions in the climate change focal area: the contribution to strategies for climate change mitigation and sustainable development. Energy for sustainable development, 11:1, S. 13-25.
- Hennicke, P.; Müller, M. (2006): Weltmacht Energie, Herausforderung für Demokratie und Wohlstand. Hirzel, 2006. Stuttgart.
- Hoffmann, D. (2007): Regionale Wertschöpfung durch optimale Nutzung endogener Bioenergiepotenziale als strategischer Beitrag zu nachhaltiger Regionalentwicklung. Dissertation, Universität des Saarlandes. Saarbrücken.
- Hoppenstedt-Analyse (2000): Frauen im Management 1999: Branchenanalyse 1. Hoppenstedt-Verlag. Darmstadt.
- IE (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse (Endbericht). Vorgelegt vom Institut für Energetik und Umwelt. Feb. 2007. Leipzig,
- IEA (1998): World Energy Outlook 1998. International Energy Agency. Paris.

- IEA (2000): World Energy Outlook 2000. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2002): World Energy Outlook 2002. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2003): Renewables for Power Generation. Status & Prospects. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2004): World Energy Outlook 2004. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2006): World Energy Outlook 2006. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2006): World Energy Outlook 2006. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2006): World Energy Outlook 2006. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2006b): World Energy Outlook 2006. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2007): Energy Policies of IEA Countries. Germany 2007 Review. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2008): Deploying Renewables – Principles for Effective Policies. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2008a): Energy Technology Perspectives 2008. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2008b): World Energy Outlook 2008. International Energy Agency. Paris.
- IEA (2009a): About IEA. International Energy Agency. Verfügbar unter: [www.iea.org](http://www.iea.org). Zugriff am 05.11.2009.
- IEA (2009b): Energy Technology Agreements. International Energy Agency. Verfügbar unter: [www.iea.org](http://www.iea.org). Zugriff am 05.11.2009.
- IEA (2009c): Implementing Agreement on Renewable Energy. International Energy Agency. Verfügbar unter: [www.iea-ret.d.org](http://www.iea-ret.d.org). Zugriff am 05.11.2009.
- IG Metall (2007): IG Metall Branchenreport. Energietechnik und Kraftwerksbau. Industriewerkschaft Metall. Frankfurt.
- Iken, J. (2008): Sonne Wind & Wärme 7/2008, S. 104-110.
- Institut für Tourismus- und Bäderforschung in Nordeuropa (2000). Touristische Effekte von Windkraftanlagen. Verfügbar unter: [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de). Zugriff am 30.10.2009.
- IPCC (2000): Methodological and Technological Issues in Technology Transfer. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York.
- IPCC (2001): Special Report on Emission Scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change. New York.
- IPCC (2001): Third Assessment Report (TAR) "Climate Change 2001". Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. UK.
- IR 070413 (2007): Erste Gigawatt-Fabrik in der Photovoltaik bereits vor 2010 (innovations-report vom 13.04.). Verfügbar unter: [www.innovations-report.de](http://www.innovations-report.de). Zugriff am 25.06.2007.
- IRENA (2009): About IRENA. Verfügbar unter: [irena.org](http://irena.org). Stand 09.2009. Zugriff am 30.10.2009.
- ISI 2006. Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP). Zusammenfassung des Zwischenberichts. Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung. Karlsruhe.

- IZT (2007): Erneuerbare Energien in Kommunen optimal nutzen - Denkanstöße für die Praxis. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung GmbH. Berlin.
- Jänicke, M. (2000a): Ökologische Modernisierung als Innovation und Diffusion in Politik und Technik: Möglichkeiten und Grenzen eines Konzepts. Berlin.
- Jänicke, M. et.al. (2000b): Lern- und Arbeitsbuch Umweltpolitik. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen. Bonn.
- Jaskula, B. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Lithium [advance release]. U.S. Geological Survey.
- Jorgenson, J.; George, M. (2005): Mineral Commodity Profile – Indium, Open-File Report 2004-1300. U.S. Geological Survey. Reston, Virginia.
- Karekezi, S.; Kithoyoma, W. (2003): Renewable Energy Development, Paper for NEPAD Workshop on operationalizing the NEPAD Energy Initiative. Dakar, Senegal.
- Karlsson, G. (2001): Generating Opportunities – Case Studies on Energy and Women. UNDP. New York.
- Karlsson, G. (ed.) (2007): Where Energy is Women's Business, National and Regional Reports from Africa, Asia, Latin America and the Pacific. AB Leusden: Energia.
- Karlsson, G.; Clancy, J. (Eds.). (2004): Gender & Energy for Sustainable Development: A Toolkit and Resource Guide. UNDP/ENERGIA.
- KFW Entwicklungsbank (2006a): Haiti – Kleinwasserkraftwerke. Abschlußkontrolle OECD. Förderbereich 23065 Wasserkraftwerke. Kreditanstalt für Wiederaufbau. Frankfurt.
- KFW Entwicklungsbank (2006b): Wege bereiten, Potenziale nutzen. Neunter Evaluierungsbericht (2004/2005) über die Projekte und Programme in Entwicklungsländern. Kreditanstalt für Wiederaufbau. Frankfurt.
- Kocsis, O. (2006): Internationale Wahrnehmung erneuerbarer Energien - Vergleichende Betrachtung von Energieszenarien, Kocsis Consulting im Auftrag des Wuppertal Insituts für Klima, Umwelt, Energie. Zürich.
- Kopp, J.; Simon, A.; Göthel, M. (2006): Die Kupfer-Lagerstätte Spremberg-Graustein in Südbrandenburg, Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge 1 / 2 2006 S. 117-132.
- Kramer, D. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Gallium. U.S. Geological Survey.
- Krämer, M.; Seidel, E. (2004): Regionale Wertschöpfung am Beispiel der Landkreise. Cuxhaven und Stade, ForWind – Zentrum für Windenergieforschung, Oldenburg.
- Kratz, S. (2007): Regionale Netzwerke und Erneuerbare Energien. Dies (Hg): Energie der Zukunft - Bausteine einer nachhaltigen Energieversorgung. Metropolis. Marburg.
- Kuck, P. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Nickel. U.S. Geological Survey.
- Kuckartz, U.; Rädiker, S.; Rheingans-Heintze, A. (2006): Umweltbewusstsein in Deutschland 2006: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Udo Kuckartz; Stefan Rädiker; Anke Rheingans-Heintze. 1. Aufl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Reihe Umweltpolitik). Berlin.
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (2008): Entscheidung zu Bergbaurechten auf Kupfer ist gefallen. Presseinformation vom 17.04.2008.
- Lange, J. (1992): Rohstoffe der Glasindustrie, 3. Auflage. Dt. Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig/Stuttgart.

- Legler, H.; Schmidt, J. (2000): Regionale Verteilung von Innovations- und Technologiepotentia-  
len in Deutschland und Europa. Fraunhofer ISI. 2000. Karlsruhe.
- Leprich, U.; Bauknecht, D.; Evers, E.; Gaßner, H.; Schrader, K. (2005): dezentrale Energiesy-  
steme und aktive Netzbetreiber (DENSAN). Saarbrücken/Freiburg/Aachen/Berlin.
- Loferski, P. J. (2009): 2007 Minerals Yearbook - Platinum-Group Metals [advance release]. U.S.  
Geological Survey.
- Lovins, A. et al. (2004): Winning the Oil Endgame. Innovation for profits, jobs, and security.  
Rocky Mountain Institute. Snowmass, Colo.
- Magyar M. J. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Rhenium. U.S. Geological Survey.
- Mathoy, A. (2008): Die Entwicklung bei Batterien und Antriebstechnik für Elektroauto-mobiler.  
Bulletin SEV/VSE 1/2008, S. 8-13.
- McDonald's Deutschland Inc. (2006): Um Welten besser. Fachübergreifende Unterrichtsmappe  
zum Thema "Umwelt" für die Sekundarstufe 1. 2. Komplett überarbeitete und ergänzte  
Auflage. CARE\_LINE Verlag GmbH. München.
- Meier, P.; Munashinghe, M. (2005): Sustainable Energy in Developing Countries – Policy Ana-  
lysis and Case Studies. Cheltenham, UK.
- meo Consulting Team/Institut für Energetik/Umwelt GmbH/Faserinstitut Bremen (2006): Markt-  
analyse Nachwachsende Rohstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.).  
Gülzow.
- Michael-Otto-Institut (2006). Auswirkung des „Repowering“ von Windkraftanlagen auf Vögel  
und Fledermäuse. Verfügbar unter: [bergenhusen.nabu.de](http://bergenhusen.nabu.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Michalowsky, L. (1994): Neue keramische Werkstoffe. Dt. Verl. für Grundstoffindustrie. Leip-  
zig/Stuttgart.
- Molly, J. (1990): Windenergie. 2. Auflg. Müller Verlag. Karlsruhe.
- Nachhaltigkeitsrat (2007): Weltbank will Afrika erleuchten und fördert innovative Ideen. Verfüg-  
bar unter: [www.nachhaltigkeitsrat.de](http://www.nachhaltigkeitsrat.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Nakhoda, S.; Sohn, J.; Baumert, K. (2005): Mainstreaming Climate Change Considerations at  
the Multilateral Development Banks; World Resources Institute. Verfügbar unter:  
[www.wri.org](http://www.wri.org). Zugriff am 13.4.09.
- Nakićenović, N. et. al. (2000): Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of  
the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. New York.
- National Research Council (Hrsg.) (2008): Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy.  
2008. Washington.
- Neue Energie (04-2006): Das Rad neu erfinden (von O. Lönker und N. Weinhold). Verfügbar  
unter: [www.neueenergie.net](http://www.neueenergie.net). Zugriff am 18.06.2007.
- Neue Energie (10-2004): Beflügelt (von Ralf Köpke). Verfügbar unter: [www.neueenergie.net](http://www.neueenergie.net).  
Zugriff am 18.06.2007.
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007. Studie erstellt im Auftrag des BMU. Stuttgart.
- Nordex (2008): Nordex erhöht Umsatz und Ergebnis zweistellig. Pressemitteilung, 21.08.2008.  
Hrsg: Nordex AG. Hamburg.

- Ochs, A. (2005): Gleneagles – Neue Chance im Kampf gegen die globale Erwärmung, Klimapolitik, Diskussionspapier, Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP). Verfügbar unter: [www.swp-berlin.org](http://www.swp-berlin.org). Zugriff am 30.10.2009.
- Ochs, A. (2007): Auf der Suche nach neuen Verbündeten: Führungsmächste des Südens als Partner deutscher Klimapolitik, Diskussionspapier. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP). Verfügbar unter: [www.swp-berlin.org](http://www.swp-berlin.org). Zugriff am 30.10.2009.
- Ockwell et al. (2006): UK-India Collaboration to Identify the Barriers to the Transfer of Low Carbon Energy Technology. – Final executive summary. Verfügbar unter: [www.ids.ac.uk](http://www.ids.ac.uk). Zugriff am 05.11.2009.
- OECD (2009): Statistical Annex of the 2009 Development Co-operation Report. Organization for Economic Co-operation and Development. Verfügbar unter: [www.oecd.org](http://www.oecd.org). Zugriff am 30.10.2009.
- Petzold, A. (1991): Physikalische Chemie der Silicate und nichtoxidischen Siliciumverbindungen. Dt. Verl. für Grundstoffindustrie. Leipzig.
- Pfahl, S.; Tänzler, D. (2005): Bestandsaufnahme und Bewertung von Capacity Development-Maßnahmen im Bereich der internationalen Klimapolitik. Studie im Auftrag des DIE, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. Bonn.
- Pinl, C. (2002): Gender mainstreaming – ein unterschätztes Konzept. Politik und Zeitgeschichte (B 33-34/2002), S. 3-5.
- Podewils, C. (2008): Auf dem Glasweg. Photon 2/2008, S. 38-43.
- Pohl, W. (2005): Mineralische und Energie-Rohstoffe. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Presstext 2007: Ökostrom-Branche startet Feldzug gegen Atomkraftlobby. Atommeiler Olkiluoto soll Regenerative Energien benachteiligen. Zeitungsartikel vom 30.05.2007.
- Ramani, K.; Heijndermans, E. (2003): Energy, Poverty, and Gender. The World Bank. Washington.
- Reiche D. (2005): Wind- und Solarenergie – Deutschlands Pionierrolle. Jahrbuch Ökologie 2005. München.
- REN21 (2005a): Energy for Development: The Potential Role of Renewable Energy in Meeting the Millennium Development Goals. Paper prepared for the REN21 Network by the Worldwatch Institute. Renewable Energy Policy. Network Lead Authors: Flavin, C.; Hull A. Washington, DC.
- REN21 (2005b): Renewables 2005 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network. Washington, DC.
- REN21 (2006): International Voluntary Non-Binding Commitments. Features, Feasibility, Cost, and Merits – Lessons from the International Action Programme for Renewable Energy Promotion and the Follow Up. Renewable Energy Policy Network. 3<sup>rd</sup> Draft. December 2006.
- REN21 (2008): Renewables Global Status Report 2008. Renewable Energy Policy Network. Paris/Washington, DC.
- REN21 (2009): Renewables Global Status Report 2009 update. Renewable Energy Policy Network. Paris/Washington, DC.

- REN21 (2009a): Renewables - Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Verfügbar unter: [www.ren21.net](http://www.ren21.net). Stand 2009. Zugriff am 05.11.2009.
- REN21 (2009b): About REN21. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Verfügbar unter: [www.ren21.net](http://www.ren21.net). Zugriff am 05.11.2009.
- REN21 (2009c): Beijing International Renewable Energy Conference (BIREC) 2005. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Verfügbar unter: [www.ren21.net](http://www.ren21.net). Zugriff am 05.11.2009.
- REN21 (2009d): Washington International Renewable Energy Conference (WIREC) 2008, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Verfügbar unter: [www.ren21.net](http://www.ren21.net). Zugriff am 05.11.2009.
- REN21 Secretariat (2006b): International Voluntary Non-Binding Commitments. Features, Feasibility, Cost, and Merits – Lessons from the International Action Programme for Renewable Energy Promotion and the Follow Up. Renewable Energy Policy Network - Secretariat. 3<sup>rd</sup> Draft December 2006.
- RENDEV (2009). Verfügbar unter: [www.rendev.org](http://www.rendev.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Renewables (2004b): Internationales Aktionsprogramm IAP. Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien. 2004. Bonn.
- Renewables (2004c): Politische Erklärung. Internationale Konferenz für Erneuerbare Energien. 2004. Bonn.
- REPower (2007): REpower weiht heute neue Produktionshalle in Trampe (Brandenburg) ein. Pressemitteilung, 08.10.2007. Hrsg: REpower Systems AG. Hamburg.
- Rogers, E. (2003): Diffusion of Innovations. New York/London/Toronto/Sidney.
- Röhr, U. (2001): Gender & Energie – Aus der Sicht des Nordens (Background Paper für den Workshop „Gender Perspectives for Earth Summit 2002: Energy, Transport, Information for Decision-making“). Berlin.
- Rössler, H. (1987): Lehrbuch der Mineralogie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig.
- safetravel (2009): Traveling Savely With Batteries and Battery-Powered Devices. Verfügbar unter: [safetravel.dot.gov/definitions.html](http://safetravel.dot.gov/definitions.html). Zugriff am 20.02.2009.
- Schütz-Adams, F.; Haakonsson, S. (2008): Klimawandel und Technologietransfer. DanChurchAid; Evangelischer Entwicklungsdienst (EED). Kopenhagen/Bonn.
- Schweiger, C. et. al. (2005): Photovoltaik in Deutschland. Marktstudie 2005: Entwicklungen und Trends. Ernst&Young Transaction Advisory Services. München.
- Scinexx (2007). Verfügbar unter: [www.scinexx.de](http://www.scinexx.de). Zugriff am 05.11.2009.
- SEF (2007): Stiftung Entwicklung und Frieden. Verfügbar unter: [www.sef-bonn.de](http://www.sef-bonn.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Setton, D.; Mittler, D. et. al. (2007): WTO – IWF – Weltbank – Die unheilige Dreifaltigkeit in der Krise. VSA. Hamburg.
- Shedd, K. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Cobalt. U.S. Geological Survey.
- Shukla, A. (2006): Study of technological, economical and social aspects to energise off-grid regions through distributed generation in developing countries. PhD Thesis. University of Osnabrück.

- Shukla, A.; Fishedick, M.; Dienst, C. (2004): Rural Electrification in Developing Countries: Dimensions and Trends. Chakravarthy, G.; Shukla, A.; Misra, A. (2004): Renewables and Rural Electrification. Oldenburg.
- Skodvin, T.; Andresen, S. (2009): The Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate: Supplement or Alternative to the Kyoto Protocol? Paper presented at the annual meeting of the International Studies Association 48th Annual Convention. Hilton Chicago. Chicago, IL, USA. Verfügbar unter: [www.allacademic.com](http://www.allacademic.com). Stand 28.02.2007. Zugriff am 30.10.2009.
- SOKO (2003). Windkraftanlagen und Tourismus Bevölkerungsumfrage 2003. Institut für Sozialforschung und Kommunikation. Verfügbar unter: [www.wind-energie.de](http://www.wind-energie.de). Zugriff am 05.11.2009.
- Solarpraxis (2006): Solarindustrie. Sonderpublikation der Solarpraxis AG zur 21. Europäischen PV-Konferenz. Dresden.
- Solarthemen (2007): Update: PV-Industrie 2007 – Neue Gründungswelle im Osten. Solarthemen. 07.07.2007.
- Solarworld (2006): SolarWorld AG: Wachstumsprognose angehoben. Pressemeldung vom 01.08.2006. Bonn.
- Spiegel (24.02.2007): Alternative Energien. Energieriesen verdrängen die Öko-Pioniere24. Spiegel Online. 2007.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2003): 10. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. 2003. Wiesbaden.
- Sustainable Energy News (INFORSE), ganzes Heft zum Thema (als pdf angehängt), u.a. auch ein Artikel von Spitzner M. und Brouns B. zum Thema Klimapolitik.
- SZ (2008): Dreifach wirkt besser. Süddeutsche Zeitung. 17.01.2008.
- Tagesspiegel (2007): Der Tagesspiegel: Die Tortillakrise. Artikel vom 2.2.2007
- The Right Livelihood Award (2008): Grameen S. (Bangladesh) (2007): Verfügbar unter: [www.rightlivelihood.org](http://www.rightlivelihood.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Tirpak, D.; Adams, H. (2008): Bilateral and multilateral financial assistance for the energy sector of developing countries. *Climate Policy*, 8:2, 135–151.
- Tolcin, A. C. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Cadmium. U.S. Geological Survey.
- Tolcin, A. C. (2008): 2006 Minerals Yearbook – Indium. U.S. Geological Survey.
- Trapp (2000): Der Fall „Enercon“. Unveröffentlichte Seminararbeit. Universität der Bundeswehr. Mikroökonomie. Wintersemester 2000. München.
- Tsuchiya, H.; Kobayashi, O. (2004): Mass production cost of PEM fuel cell by learning curve. *International Journal of Hydrogen Energy* 29(10): 985–990.
- U.S. Geological Survey, (2008): Arsenic Statistics, October 19, 2008.
- U.S. Geological Survey, (2008): Cadmium Statistics, October 21, 2008.
- U.S. Geological Survey, (2009): Mineral commodity summaries 2009.
- UBA (2007a): GreenTech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Zusammenfassung. Umweltbundesamt.

- UBA (2007b): Wie lassen sich erneuerbare Energien in Entwicklungsländern stärker nutzen? Studie zeigt Möglichkeiten des Clean Development Mechanism. Umweltbundesamt. Presseinformation Nr. 78/2007 vom 12.12.2007. Dessau.
- UN (2006): What are the Millennium Development Goals? United Nations. Verfügbar unter: [www.un.org](http://www.un.org). Stand 19.12.2006. Zugriff am 30.10.2009.
- UN (2006): What are the Millennium Development Goals? United Nations. Verfügbar unter: [www.un.org](http://www.un.org). Stand 19.12.2006. Zugriff am 30.10.2009.
- UNDP (2004): Gender and Energy for Sustainable Development: A Toolkit and Resource Guide. United Nations Development Programme. New York.
- UNDP (2005): Energizing the Millennium Development Goals. A Guide to Energy's Role in Reducing Poverty. United Nations Development Programme. New York.
- UNDP (2007): Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. United Nations Development Programme. New York.
- Unendlich viel Energie (2008). Verfügbar unter: [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de). Stand 20.10.2008. Zugriff am 30.10.2009.
- UNFCCC (2007): Investment and Financial Flows to Address Climate Change. United Nations Framework Convention on Climate Change. Verfügbar unter: [unfccc.int](http://unfccc.int). Zugriff am 05.11.2009.
- UNFCCC (2008): Deutsche CDM Projekte und Erneuerbare Energien. Aktuelle Projektsuche auf [www.unfccc.org](http://www.unfccc.org). United Nations Framework Convention on Climate Change. Verfügbar unter: [cdm.unfccc.int](http://cdm.unfccc.int). Stand 30.10.2008. Zugriff am 05.11.2009.
- VDA (2009): Automobilproduktion. Verfügbar unter: [www.vda.de](http://www.vda.de). Zugriff am 05.11.2009.
- VDE (2007): Pressemitteilung 13.04.2007. Für Energieforschung gibt Japan siebenmal so viel aus wie Deutschland. VDE-Studie „Energieforschung 2020“. Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik). Berlin.
- VDE (2007b): Forschungsprogramm Energieforschung 2020. Langfassung. Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.). Frankfurt.
- VENRO (2007a). Verband Entwicklungspolitik deutscher Nichtregierungsorganisationen e.V. Verfügbar unter: [www.prsp-watch.de](http://www.prsp-watch.de). Stand 26.04.2007. Zugriff 30.10.2009.
- VENRO (2007b): The 2 degree challenge and a “New Global Deal” for energy policy. What role for multilateral banks and the EU? Verband Entwicklungspolitik deutscher Nichtregierungsorganisationen e.V. Bonn.
- Vetter, A. (2007): Aussichtsreiche Energiepflanzenanbausysteme für Biogasanlagen. Tagungsband 15. Symposium Bioenergie. Bad Staffelstein.
- Viebahn, P. et. al. (2009): Klimaaspekte: CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung. Worldwatch Institute (Hrsg.): Zur Lage der Welt 2009 – Ein Planet vor der Überhitzung – Intelligente Politik gegen ein destabilisiertes Klima. S. 145-151. Verlag Westfälisches Dampfboot. Münster.
- Vogel, W. (1992): Glaschemie. 3. Auflage, Springer Verlag. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo/Hong Kong/Barcelona/Budapest.
- WBCSD (2009). World Business Council on Sustainable Development. Verfügbar unter: [www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org). Zugriff am 05.11.2009.

- WBGU (2003): Energiewende zur Nachhaltigkeit. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Springer. Heidelberg.
- WBGU (2004): Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin.
- WBGU (2004): Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Berlin.
- WEA (2004): IIASA. World Energy Assessment. Laxenburg.
- Weigel, H.; Manderscheidt, R., et. al (2006): Responses of an Arable Crop Rotation System to Elevated [CO<sub>2</sub>]. In: Nösberger, J. et al (Hrsg): Ecological Studies Vol. 187. 2006. Berlin.
- WHO (2006): Fuel for Life – Household Energy and Health. World Health Organization. Verfügbar unter: [www.who.int](http://www.who.int). Zugriff am 05.11.2009.
- WI/FZJ (2006)
- Wikipedia (2009a): Erwerbstätigkeit. Wikipedia – die freie Enzyklopädie. Verfügbar unter: [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org). Stand 08. 06. 2009. Zugriff am 30.10.2009.
- Wikipedia (2009b): Arbeitsmarkt. Wikipedia – die freie Enzyklopädie. Verfügbar unter: [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org). Stand 08. 08. 2009. Zugriff am 30.11.2009.
- Wikipedia (2009c): Erwerbslose. Wikipedia – die freie Enzyklopädie. Verfügbar unter: [de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org). Zugriff am 30.11.2009.
- WILA Bonn (2005): Arbeit und Ausbildung für Erneuerbare Energien (Projekt-Dokumentation). Wissenschaftsladen Bonn. 2005.
- WILA Bonn (2007): News vom 25.06.2007. Wissenschaftsladen Bonn. 2007.
- Willis, M.; Wilder, M.; Curnow, P. (2006): The Clean Development Mechanism: Special Considerations for Renewable Energy Projects, Baker&McKenzie. Verfügbar unter: [www.reilproject.org](http://www.reilproject.org). Zugriff am 05.11.2009.
- Wippermann, C.; Calmbach, M.; Kleinhüchelkotten, S. (2008): Umweltbewusstsein in Deutschland 2008: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit . Heidelberg/Hannover.
- Wirtschaftwoche (22.03.2007): Klimawandel. Wie gut die deutschen Unternehmen gerüstet sind. Kommentar. WirtschaftWoche. 22.03.2007.
- WISONS (2007): Renewable Energy in the food supply chain. PREP – Promotion of Resource Efficiency Projects No. 9. I. Issue 2007. Wuppertal.
- World Bank (2008): World Bank Updates Poverty Estimates for the Developing World. Verfügbar unter: [econ.worldbank.org](http://econ.worldbank.org). Zugriff am 03.11.2008.
- World Bank (2009): World Bank Group Renewable Energy & Energy Efficiency Funding Rises 87 Percent. Verfügbar unter: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org). Zugriff am 05.11.2009.
- WR (2004): Atommeiler sind für Banken zu hohes finanzielles Risiko. Westfälische Rundschau. Dortmund.
- WRI (2005): The Wealth of the Poor. Managing Ecosystems to Fight Poverty. World Resources Institute. Washington.
- Wuppert Institut (2004): Der Beitrag regenerativer Energien und rationeller Energienutzung zur wirtschaftlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen. Endbericht I, Wuppertal.

Zeit (1999): Verrat unter Freunden. Die Zeit Nr. 40/1999.

ZEW (2006): Hightech-Gründungen in Deutschland: Trends und Entwicklungsperspektiven (Endbericht). 2006. Mannheim.

ZEW (2007a): Mannheimer Innovationspanel – Deutsche Innovationserhebung. Verfügbar unter: [www.zew.de](http://www.zew.de). Zugriff am 25.06.2007.

ZEW (2007b): Der ZEW-Branchenreport Innovation. Verfügbar unter: [www.zew.de](http://www.zew.de). Zugriff am 25.06.2007.

ZEW et al. (2006): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft – Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2005. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH, Infas und Fraunhofer Institut System und Innovationsforschung. Verfügbar unter: [www.zew.de](http://www.zew.de). Zugriff am 30.10.2009. 2006. Mannheim.

## Anhang

Der folgende Fragebogen wurde 2009 an deutsche Energieexperten verschickt. Er bestand aus:

- Einleitung
- Thematischem Hintergrund
- Begriffserläuterungen
- Erläuterung des Befragungsablaufs
- Auszufüllendem Fragebogen

### Einleitung: Darstellung Projektzusammenhang

Die vorliegende Expertenbefragung wird im Rahmen des vom BMU geförderten Forschungsvorhabens Potenziell treibende Kräfte und potenzielle Barrieren für den Ausbau erneuerbarer Energien aus integrativer Sichtweise durchgeführt.

### Thematischer Hintergrund

Für den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien im Verbund mit einer Verbesserung der Energieeffizienz liegen vielfältige Gründe vor. Deutschland ist hier einer der Vorreiter. So sind konkrete Ausbauziele für die Nutzung erneuerbarer Energien formuliert und Konzepte für die Umsetzung engagierter Klimaschutzziele (CO<sub>2</sub>-Minderung um 80 Prozent bis zum Jahr 2050) entwickelt worden.

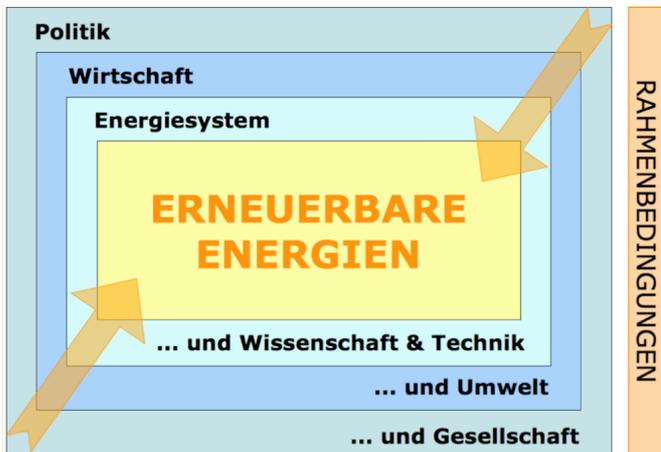
Mit den steigenden Marktanteilen erneuerbarer Energien gewinnen robuste Strategien und Maßnahmen, die möglichst richtungssicher positive Beiträge für die genannten Ziele leisten, an Bedeutung. Die Untersuchung des Wuppertal Instituts wirft einen detaillierten Blick auf die Entwicklungsperspektiven erneuerbarer Energien in Deutschland und analysiert dazu einerseits die Vielzahl der treibenden Kräfte auf politischer Ebene für deren Ausbau. So wirken erneuerbare Energien positiv auf das Erreichen von Politikzielen, z. B. die Gewährleistung von Energiesicherheit und die Schaffung von Arbeitsplätzen.

Andererseits gibt es bestimmte Entwicklungen, die politisch nicht direkt steuerbar bzw. induzierbar sind. Diese können entweder positiv oder negativ auf den weiteren Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien wirken. Obwohl sich diese Entwicklungen der politischen Steuerbarkeit entziehen, müssen rechtzeitig Strategien als adäquate Antworten darauf entwickelt werden. Diese Entwicklungen stehen im Zentrum der vorliegenden Expertenbefragung.

### Erläuterungen der Begriffe

Um Ihnen die Bearbeitung zu erleichtern und um ein gemeinsames Begriffsverständnis zu schaffen, haben wir im Folgenden wichtige Begriffe definiert. Die Abbildung zeigt, wie im Projektzusammenhang die Einbettung erneuerbarer Energien in die angrenzenden Themenbereiche gesehen wird. Die Entwicklungen, auf die wir in der Befragung

abzielen, wirken aus diesen Bereichen auf die erneuerbaren Energien und ihre Nutzungsbedingungen ein.



Wir differenzieren zwischen Entwicklungen und Impulsen, um langfristig wirkende Dynamiken, wie den demographischen Wandel, von kurzfristiger wirkenden Ereignissen, wie abrupten Schwankungen der Energieträgerpreise, zu unterscheiden. In der tabellarischen Auflistung der Impulse und Entwicklungen ist bewusst keine Zuordnung zu den zeitlichen Kategorien gekennzeichnet, da diese Bestandteil der Befragung ist.

Ihre Einschätzungen zu den Impulsen und Entwicklungen, die wir abfragen, sollen sich auf die Situation der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland beziehen.

Entscheidend ist darüber hinaus, dass sich Impulse und Entwicklungen sowohl positiv (treibend) als auch negativ (hemmend) auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien auswirken können. Sie können ihn im Vergleich zur derzeitigen Ausbaugeschwindigkeit beschleunigen oder verlangsamen. Beachtenswert erscheint auch, dass es Impulse und Entwicklungen gibt, die aufgrund ihres positiven Wirkungsgeflechtes zugleich positiv als auch negativ wirken.

Erläuterung des Delphi-Ablaufs

Die Ihnen vorliegende Befragung stellt die erste Runde des Delphis dar. Im Anschluss werden wir die Befragung auswerten und die Ergebnisse aufbereiten, um Sie Ihnen dann im Januar 2009 im Rahmen der zweiten Runde des Delphis zu präsentieren. Zu den dann vorliegenden Ergebnissen bitten wir Sie wiederum um eine Einschätzung. Bitte beachten Sie, dass in der zweiten Runde des Delphis nur diejenigen Expertinnen und Experten einbezogen werden, die sich an der ersten Runde beteiligt haben.

Bitte schicken Sie uns den Fragebogen ausgefüllt bis zum 5. 12. 2008 per Fax oder postalisch an die folgende Adresse zurück.

Wuppertal Institut für  
 Klima, Umwelt, Energie GmbH  
 -Herrn Johannes Venjakob-

Döppersberg 19

42103 Wuppertal

E-Mail: [Johannes.Venjakob@wupperinst.org](mailto:Johannes.Venjakob@wupperinst.org)

oder per Fax an: 0202-2492198

Wenn Sie über die beigelegten Informationen hinaus noch Fragen haben, können Sie sich gern an den Co-Projektleiter Dr. Nikolaus Supersberger (Telefon: 0202-2492\*255, [nikolaus.supersberger@wupperinst.org](mailto:nikolaus.supersberger@wupperinst.org)) oder an Herrn Johannes Venjakob (Durchwahl \*102, [johannes.venjakob@wupperinst.org](mailto:johannes.venjakob@wupperinst.org)) wenden.

Auszufüllendes Fragebogen

**1. Ranking der Impulse und Entwicklungen**

In der Tabelle sind Impulse und Entwicklungen aufgeführt, die sich möglicherweise auf die Ausbausituation erneuerbarer Energien in Deutschland auswirken. Bitte bewerten Sie die Impulse entsprechend der Wichtigkeit, die Sie ihnen beimessen unter der Annahme, dass sie tatsächlich eintreten. Bitte nehmen Sie Ergänzungen vor, wenn Sie weitere als die hier aufgeführten Impulse und Entwicklungen für wichtig halten.

Der genannte Impuls / die genannte Entwicklung ist für den Ausbau erneuerbarer Energien (bitte ankreuzen):

	sehr wichtig	wichtig	eher unwichtig	unwichtig
Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimatische Extremereignisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**2. Eintrittswahrscheinlichkeit, Wirkungsdauer und Ausbaugeschwindigkeit**

Halten Sie das Eintreten des genannten Impulses / der Entwicklung eher kurz-, mittel- oder langfristig für wahrscheinlich?

Wie schätzen Sie die Wirkungsdauer des Impulses / der Entwicklung nach seinem / ihrem Eintreten ein?

Wie wirkt sich der Impuls / die Entwicklung nach Ihrer Einschätzung auf die Ausbaugeschwindigkeit erneuerbarer Energien aus? (bitte ankreuzen)

Eintrittswahrscheinlichkeit 1 = kurzfristig 2 = mittelfristig 3 = langfristig	Wirkungsdauer 1 = kurzfristig 2 = mittelfristig 3 = langfristig	Auswirkung auf Ausbaugeschwindigkeit 1 = beschleunigend 2 = verlangsamend 3 = keine Auswirkung								
		Eintrittswahrscheinlichkeit			Wirkungsdauer			Ausbaugeschwindigkeit		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise										
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise										
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen										
Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz für fossiler Energieträger										
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger										
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger										
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)										
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen										
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien										
Klimatische Extremereignisse										
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst										
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger										
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger										
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke										
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen										
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen										
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien										
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien										
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG										
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien										
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien										
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien										
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)										
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)										
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen										
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)										
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)										
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich										
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer										
Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik										

**3. Auswirkungen auf technisch-ökonomische Umsetzungsmöglichkeiten**

Inwiefern beeinflusst der genannte Impuls / die Entwicklung nach Ihrer Einschätzung das **technisch-ökonomisch erschließbare Potenzial** der erneuerbaren Energien?  
 Wenn nach Ihrer Einschätzung eine Wirkung auf das technisch-ökonomische Potenzial besteht, ist diese **positiv** oder **negativ**? (bitte ankreuzen)

	<b>Beeinflussung:</b> 1 = sehr stark 2 = stark 3 = wenig 4 = gar nicht	<b>Wirkung:</b> 1 = positiv 2 = negativ	Beeinflussung				Wirkung	
			1	2	3	4	1	2
Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz für fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Klimatische Extremereignisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

#### 4. Auswirkung veränderter politischer Rahmenbedingungen

Erzeugen die aufgeführten Impulse und Entwicklungen <b>politischen Handlungsdruck</b> ?							
Wirken sich die dadurch veränderten politischen Rahmenbedingungen <b>positiv</b> oder <b>negativ</b> auf den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien aus? (bitte ankreuzen)							
<b>Erzeugung polit. Handlungsdrucks:</b> 1 = sehr stark 2 = stark 3 = wenig 4 = gar nicht	<b>Wirkung:</b> 1 = positiv 2 = negativ	Sollten sowohl positive als auch negative Wirkungen möglich sein, entscheiden Sie sich bitte für die aus Ihrer Sicht dominante Wirkungsrichtung					
		Handlungsdruck				Wirkung	
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz für fossiler Energieträger		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimatische Extremereignisse		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5. Auswirkungen auf den Ausbaumix**

Inwiefern beeinflusst der genannte Impuls / die Entwicklung nach Ihrer Einschätzung die **Breite des REG-Energiemixes** beim Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien?  
 Wenn nach Ihrer Einschätzung eine Wirkung auf den Ausbaumix besteht, macht diese den Mix **breiter** oder **schränkt sie ihn ein?** (bitte ankreuzen)

Beeinflussung: 1 = sehr stark 2 = stark 3 = wenig 4 = gar nicht	Wirkung: 1 = Mix an REG wird breiter 2 = Mix an REG wird eingeschränkt		Beeinflussung				Wirkung	
			1	2	3	4	1	2
			<input type="checkbox"/>					
Abrupte Schwankungen erneuerbarer Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Abrupte Schwankungen fossiler Energieträgerpreise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Akute Gefährdung der Netzstabilität durch die Integration erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Substitutionsdynamik erneuerbarer Energien beim Ersatz für fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Begrenzte Verfügbarkeit fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Demographische Entwicklung (Bevölkerungsrückgang, Alterung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Erschließen unkonventioneller Gas- und Ölquellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Identifikation versteckter Emissionen in Anwendungen erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Klimatische Extremereignisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Klimawandel, der die Nutzbarkeit von REG beeinflusst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Langfristige Preisentwicklung im Bereich erneuerbarer Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Langfristige Preisentwicklung im Bereich fossiler Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Laufzeitverlängerung deutscher Atomkraftwerke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei (unkonventionellen) fossilen Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Lernkurven und Kostendegressionseffekte bei Nutzung erneuerbarer Energiequellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für erneuerbare Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Massiver Einstieg großer Unternehmen in den Markt für unkonventionelle fossile Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Positive Beeinflussung des Unternehmensimages durch den Einsatz von REG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich erneuerbarer Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rasche technologische Fortschritte und Technologiesprünge im Bereich fossiler Energien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rohstoffseitige Restriktionen bei der Produktion von REG-Technologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Siedlungsstrukturelle Entwicklung (Suburbanisierung, Re-Urbanisierung, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Sozialer Wandel (Individualisierung der Lebensstile, zunehmende Absicherung der Daseinsbedingungen und Lebensrisiken, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Subjektiv empfundene Störung durch REG-Anlagen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Unfallereignisse im Energiesystem (Kernenergie, Leckage bei CCS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Veränderungen der Energienachfrage (Effizienzsteigerungen, Klimawandel, ...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Veränderungen der Forschungsförderung im Energiebereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Verbesserung der Anwendbarkeit, Beherrschbarkeit, Transfereignung erneuerbarer Energieträger in Entwicklungsländer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Weltweites Wegbrechen der Unterstützung für eine globale Klimapolitik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		